

# RAPPORT

## DE RECHERCHE

### 2021-2022



**ASBL Greenotec**  
Rue Jean sonet 23/3,  
5032 Gembloux

## Préambule

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

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



Rue Jean Sonet 23/3 5032 Isnes (Belgique)

Contact :	Simon Dierickx, <i>Coordinateur</i>	<a href="mailto:dierickx.s@greenotec.be">dierickx.s@greenotec.be</a>	0471 77 26 61
	François Dessart	<a href="mailto:dessart.f@greenotec.be">dessart.f@greenotec.be</a>	0471 13 77 33
	Quentin Masse	<a href="mailto:masse.q@greenotec.be">masse.q@greenotec.be</a>	0474 31 18 47
	Laurent Serteyn	<a href="mailto:serteyn.l@greenotec.be">serteyn.l@greenotec.be</a>	0472 57 33 06
	Marianne Flahaux	<a href="mailto:flahaux.m@greenotec.be">flahaux.m@greenotec.be</a>	0472 42 83 13
	Hélène Louppe	<a href="mailto:louppe.l@greenotec.be">louppe.l@greenotec.be</a>	0472 69 75 71
	David Verstraete	<a href="mailto:verstraete.d@greenotec.be">verstraete.d@greenotec.be</a>	0491 59 77 54

## Table des matières

Executive Summary .....	8
Introduction.....	9
1 Contexte météorologique .....	10
2 Préservation de la structure et la vie du sol.....	11
2.1 Impact des pratiques d’implantation de la betterave sucrière sur les risques d’érosion hydrique .....	11
2.2 Plantes compagnes.....	18
2.2.1 En inter-rang du maïs : .....	18
2.2.2 Semis direct de maïs avec trèfle blanc et du lotier corniculé.....	21
2.2.3 En inter-rangs de chicorées : .....	25
2.3 Réduction du travail du sol.....	29
2.3.1 Semis direct et TCS en betteraves sucrières .....	30
2.3.2 Semis direct de haricots .....	45
2.3.3 Buttes d’automne en pommes de terre .....	46
2.3.4 Etude de l’humidité du sol en fonction du mode d’implantation des cultures.....	52
2.3.5 Strip-till en chicorée .....	55
3 Diminution des intrants chimiques (PPP et engrais) .....	58
3.1 Plantes compagnes.....	58
3.1.1 Colza associé à un couvert gélif avec mélange de variété .....	59
3.1.2 Betterave associée à la féverole.....	64
3.2 Bio-Intrants.....	78
3.2.1 Biostimulants en betterave .....	79
3.2.2 Biostimulant en starter en maïs et pdt.....	83
4 Amélioration de la fertilité des sols par l’optimisation des couverts végétaux .....	93
4.1 Influence des espèces du couvert et leur gestion dans la culture suivante .....	94
4.2 Influence du couvert et sa gestion en labour ou en TCS avant l’implantation de betterave	102
4.3 Implantation des couverts.....	105
4.3.1 Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale avec enrobage .....	105
4.3.2 Réussir (ou pas) les couverts en conditions de sécheresse : mode d’implantation et date de semis.....	108
4.3.3 Etude de la biomasse du couvert en fonction des ltk .....	110

## Table des figures

Figure 1 : Pluviométrie et température moyenne mensuelle sur 2 ans à la station météo centrale de Sombreffe par rapport à l'ensemble de nos essais.....	10
Figure 2 : Test Beerkan pour évaluer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol (Source : ITAB Asso) .....	13
Figure 3. QuantiSlakeTest pour évaluer la stabilité structurale du sol .....	13
Figure 4 : Impact de la durée du couvert d'interculture sur la capacité d'infiltration du sol en mai 2022 .....	14
Figure 5 : Relation entre l'intensité du travail du sol (STIR) et la stabilité structurale du sol (AUC).....	15
Figure 6 : Relation entre la durée d'implantation du couvert d'interculture (en jours) et la stabilité structure du sol (AUC) .....	15
Figure 7 : Relation entre le rapport carbone organique total / argile sur 0-30cm de profondeur et la stabilité structurale du sol (AUC) .....	16
Figure 8 : Relation entre le rapport carbone organique total / argile sur 0-10cm de profondeur et la stabilité structurale du sol (AUC) .....	16
Figure 9 : Stabilité structurale du sol (AUC) en fonction de l'intensité du travail du sol (SD, TCS léger, TCS lourd et labour), en lien avec le rapport COT/Argile à 10 et 30cm de profondeur.....	17
Figure 10 : Rendements à 18° de sucre en t/ha selon les pratiques culturales .....	17
Figure 11 : Plan de l'essai à Perwez.....	19
Figure 12 : photos du 13 juin lors du passage de la désherbineuse couplé au semis des petites semences.....	20
Figure 13 : présence timide du trèfle blanc le 11 aout après récolte avec très peu de trèfle blanc .....	21
Figure 14 : photo du 10 octobre .....	21
Figure 15 et Figure 16 : maïs semé en plein dans un couvert de blé.....	23
Figure 17 : comptage de levées du maïs et des plantes compagnes à Aiseau-Presles 2022 .....	24
Figure 18 Parcelle à la mi-juillet et Figure 19 : Parcelle fin septembre. On distingue la différence de développement du trèfle semé à 1-2cm (à droite) et celui semé à 3-4cm (à gauche) .....	24
Figure 20 : blé implanté en direct dans un trèfle régulé .....	25
Figure 21 : Dispositif de semis à la volée utilisé pour l'essai.....	27
Figure 22 : Plan de l'essai .....	27
Figure 23 : trèfle blanc sous la chicorée le 27/07/2022 .....	28
Figure 24 : Etat du trèfle lors de la récolte le 03/11/2022 Figure 25 : Lotier sous la chicorée le 27/07/2022 Figure 26 : Etat de la parcelle après arrachage et semis du blé.....	29
Figure 27 : Carte des sols avec localisation de l'essai .....	31
Figure 28 : Bande du couvert non détruite juste avant le semis .....	31
Figure 29 : Plan de l'essai betterave Eghezée 2022 .....	31

Figure 30 : Humidité le jour de la plantation des betteraves à +/-5 cm de profondeur .....	32
Figure 31 : Comptage de levées le 10 mai 2022.....	33
Figure 32 : Rendement des différentes modalités remis à 18% de sucre .....	34
Figure 33 : Carte des sols avec la localisation de la bande de Tcs, le reste étant en labour.....	35
Figure 34 : Photo aérienne de l'essai avec zone de coloration très marquée entre les 2 modalités (labour à gauche et Tcs à droite).....	35
Figure 35 : température et humidité prises à 2 profondeurs différentes.....	36
Figure 36 : Humidité à 5 cm de profondeur après un peu moins d'1 mois et demi .....	37
Figure 37 Semoir Maestro dans la partie TCS à gauche et SD à droite le 24 mars 2022 .....	38
Figure 38 : Semence semée trop profondément étant bloqué	Figure 39 : Moutarde d'Abyssinie dépassant les betteraves.....
Figure 40 : Rendement en tonnes par hectare remis à 18% de sucre entre la modalité TCS et SD .....	39
Figure 41 : Carte des sols de l'essai à Gibecq .....	40
Figure 42 : Humidités mesurées à 5cm à différentes dates .....	41
Figure 43 : Rendement net sans tare à 18% selon les modalités.....	42
Figure 44 : Photo aérienne de la parcelle représentant les dégâts de limace .....	43
Figure 45 : Charge de mécanisation pour le semis.....	44
Figure 46 : Etat du couvert avant le pâturage.....	45
Figure 47 : Plan de l'essai .....	45
Figure 48 : pâturage du couvert par les moutons .....	46
Figure 49 : Structure du sol de l'essai.....	46
Figure 50 : Type de sol et homogénéité de la parcelle .....	47
Figure 51 : Plan de l'essai .....	48
Figure 52 : Chisel utilisé pour reprendre les buttes, Figure 53: Passage de planteuse dans les buttes et Figure 54 : Buttes après plantation .....	48
Figure 55 : Butte d'automne le 31/05/2022.....	49
Figure 56 : Buttes classiques le 31/05/2022 .....	49
Figure 57 : Rendement de pommes de terre en fonction des modalités .....	50
Figure 58 : Calibre des pommes de terre selon les modalités .....	51
Figure 59 : Localisation des parcelles	Figure 60 : Localisation des parcelles en fonction du type de sol.....
Figure 61 : Pourcentage d'humidité à 5 cm de profondeur selon les systèmes .....	54
Figure 62 : Parcelle en SD.....	55
Figure 63 : Parcelle en labour.....	55

Figure 64 : Parcelle en TCS .....	55
Figure 65 : Levée des chicorées le 26/04/22.....	56
Figure 66 : Humidité à 5cm en fonction des modalités à différentes dates .....	57
Figure 67 : Rendement des chicorées .....	57
Figure 68 : Carte des sols de l'essai .....	59
Figure 69 : Localisation des parcelles .....	60
Figure 70 : Floraison du colza précoce sur l'essai.....	61
Figure 71 : Plantes compagnes non gelées sous le colza .....	61
Figure 72 : Comptage de méligèthe en comparaison avec les parcelles témoin .....	62
Figure 73 : Différences de maturité dans les colza .....	62
Figure 74 : Trèfle d'Alexandrie sous les colzas à la récolte .....	63
Figure 75 : Rendement du colza selon les modalités.....	63
Figure 76 : Dispositif expérimental de la parcelle de betterave-féverole (en vert clair) de Mont-de-Péruwelz. Les points rouges représentent les zones d'observation de 10 betteraves. ....	65
Figure 77 : Bande de couvert non détruit à Héron le 16/05 .....	67
Figure 78 : Modalités de désherbage testées. DOG : programme FAR (Dianal, Oblix, Goltix) ; DEKC, DKC ou DKG : FAR de la modalité agriculteur (Dukka, Ethomat, Kemiron, Corner ou Goltix) .....	67
Figure 79 : Dispositif expérimental de l'essai de la sélectivité du programme de désherbage vis-à-vis de la féverole.....	68
Figure 80 : Différentes classes de résistance de la féverole aux programmes de désherbage (4, 2 et 0, respectivement) .....	68
Figure 81 : Nombre de pucerons verts du pêcher aptères par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Péruwelz, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.....	69
Figure 82 : Nombre de pucerons noirs de la fève par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Péruwelz, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.....	70
Figure 83 : Nombre total d'auxiliaires par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Péruwelz, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.....	70
Figure 85 : Nombre de prédateurs majeurs (coccinelles, syrphes et chrysopes) par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Péruwelz, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure .....	71
Figure 84 : Répartition des prédateurs majeurs selon les familles (coccinelles et syrphes, les chrysopes n'ayant été observées qu'au stade œuf).....	71
Figure 87 : Nombre d'autres auxiliaires que les prédateurs majeurs par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Péruwelz, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.....	72
Figure 86 : Répartitions des autres auxiliaires selon les familles (guêpes parasitoïdes, araignées, carabes, Cantharides et Anthocorides) .....	72
Figure 88 : Nombre de pucerons verts aptères par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit. ....	73

Figure 89 : Nombre d'auxiliaires par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit. ....	73
Figure 90 : Nombre de prédateurs majeurs (coccinelles et syrphes) et d'araignées par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit .....	74
Figure 91 : Pucerons noirs ailés piégés dans des toiles d'araignées à proximité de la bande de couvert non détruit.....	74
Figure 92 : Féverole de la bande de couvert non détruit hébergeant un grand nombre de pucerons noirs.....	75
Figure 93 : Prévalence de jaunisse virale dans les parcelles suivies. A : 5 et 50m de la bande de couvert non détruit ; B : betterave pure .....	75
Figure 94 : Développement des féveroles en fonction du programme de désherbage) .....	76
Figure 95 : Tolérance des féveroles selon les programmes de désherbage, exprimée par le niveau de nécrose et de reprise de la plante.....	77
Figure 96 : Présence d'adventices en fonction des programmes de désherbage.....	78
Figure 97 : Carte des sols de la parcelle .....	79
Figure 98 : Plan de l'essai .....	80
Figure 99 : Nombre de betteraves par hectare selon les modalités .....	81
Figure 100 : Humidité à 5 cm selon les modalités.....	81
Figure 101 : Rendement net à 18% selon les modalités .....	82
Figure 102 : Ecart chiffre d'affaires/fertilisation selon les modalités .....	82
Figure 103 : Dispositif de fertilisation liquide pour le semis .....	84
Figure 104 : Formulation du produit biostimulant.....	84
Figure 105 : Semoir utilisé pour le semis des couverts .....	85
Figure 106 : Plan de l'essai .....	85
Figure 107 : Carte des sols de l'essai .....	86
Figure 108 : Plan de l'essai .....	86
Figure 109 : Rendement en fonction des modalités .....	87
Figure 110 : Taux d'arbuscules .....	88
Figure 111 : Taux de sporulation.....	88
Figure 112 : Taux de colonisation.....	88
Figure 113 : Calibre en fonction des modalités.....	89
Figure 114 : Taille des maïs à la récolte.....	90
Figure 115 : Rendement en fonction des modalités .....	90
Figure 116 : Rendement en fonction des modalités .....	91

Figure 117 : Taux de sporulation	Figure 118 : Taux d'arbuscules .....	91
Figure 119 : Taux de sporulation.....		92
Figure 120 : Photo aérienne de la plateforme à Ramillies en 2021. Crédit : F. Hupin .....		94
<i>Figure 121. Composition détaillée des couverts au 23/11/2021.....</i>		98
Figure 122 : Biomasse des couverts avec ou sans fertilisation azotée.....		98
Figure 123 : Reliquats APL au 30/11/2021 sur la plateforme Ramillies 2021. Le témoin correspond à une placette non semée, couverte uniquement par quelques repousses de céréales. ....		99
<i>Figure 124: Bêchée prélevée dans la zone "Mélange 4". Crédit : B. Henry .....</i>		101
Figure 125 : comptage de levée des betteraves à Ramillies dans la partie TCS comparé au témoin labour .....		103
Figure 126 : Humidité et température à 5cm de profondeur le 19 avril.....		103
Figure 127 : rendement des betteraves en fonction du mode d'implantation de la betterave et de si on a mis 30 unités d'N ou non sur le couvert.....		104
Figure 128 : Structure du sol de l'essai.....		106
Figure 129 : couvert le 11-08-2022	Figure 130 : Couvert le 08-09-2022	Figure 131 : Espèces présentes dans le couvert .....
		107
Figure 132 : Racine de Radis chinois ayant buté sur une zone de compaction .....		107
Figure 133 : Couvert le 1-12-2022, modalité TMS	Figure 134 : Couvert le 1-12-2022 modalité enrobage mélasse-argile .....	108
Figure 135 : structure du sol dans l'essai .....		109
Figure 136 : Couvert en semis direct à droite, et en TCS à gauche (le 08/09/22).....		109
Figure 138 : Biomasse en fonction des espèces.....		110
Figure 139 : Carte des emplacements des différentes parcelles à échantillonner .....		111
Figure 140 : Séchages des échantillons de biomasses à l'étuve.....		112
Figure 141 : Biomasse moyenne en fonction de l'export de paille ou non de la parcelle .....		113
Figure 142 : Biomasse de couvert moyen en fonction de la région agricole et de la pluviométrie moyenne régionale.....		113
Figure 143 : moyenne de biomasse en fonction du nombre d'espèce de plante dans le couvert .....		114
Figure 144 : Impact du précédent cultural sur la biomasse moyenne du couvert .....		115
Figure 145 : Biomasse de semis des couverts en fonction des dates de semis.....		116

## *Table des tableaux*

Tableau 1 : Itk de l'essai chicorée.....	26
Tableau 2 : Itk de la parcelle.....	41
Tableau 3 : Formulation du produit biostimulant.....	80

Tableau 4 : Itk de la parcelle.....	86
<i>Tableau 5. Itinéraire technique de la plateforme Ramillies 2021.....</i>	<i>95</i>
Tableau 6 : Description des couverts de la plateforme de Ramillies 2021 .....	96
<i>Tableau 7. Reliquats post-moisson au 25/08 .....</i>	<i>99</i>

## Executive Summary

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 » (Conventions SPW, durant les périodes de février-juin 2022 et juillet-décembre 2022).

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 le suivi de nos essais. Ces contrastes se ressentent également dans ce rapport, qui contient de belles réussites, plusieurs échecs et de nombreux enseignements, résumés ci-dessous.

Nos essais et études visant à mieux comprendre et optimiser la structure et la qualité des sols agricoles font partie sont ceux qui se sont révélés les plus instructifs. L'implantation de cultures de printemps en non-labour soulève encore plusieurs problèmes agronomiques qu'il s'agit de résoudre. Les d'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/ 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
  - 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/du couvert est insuffisante (principalement dû au manque d'efficacité ou à la non-utilisation du glyphosate)

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

La réduction de la dépendance et de l'utilisation aux intrants chimiques est notre deuxième objectif de recherche. Cette recherche se matérialise via l'utilisation de plantes compagnes et de bio-intrants. Ces leviers agronomiques sont encore au stade exploratoire mais certains sont déjà très prometteurs, surtout dans la gestion des ravageurs (cas de l'association féverole-betteraves) et la diminution de la fertilisation minérale. Un approfondissement de la compréhension des mécanismes biologiques est toutefois nécessaire, surtout en ce qui concerne les bio-intrants.

Nos essais d'optimisation du développement des couverts végétaux nous ont aussi fourni de nombreux résultats intéressants et une meilleure compréhension des systèmes. Le semis direct, couplé à une date de semis précoce d'un mélange diversifié et légèrement fertilisé (surtout en cas de pailles hachées) se

révèlent être la combinaison gagnante pour maximiser le développement et donc les services rendus par les couvert.

## Introduction

La saison 2021-2022, tout comme la précédente, a été marquée par des évènements climatiques extrêmes. D'un automne-hiver doux et pluvieux, les précipitations se sont faites rares dès le début du printemps, accompagnée de températures caniculaires durant l'été.

Malgré une campagne globalement chaude et sèche, les rendements se sont révélés globalement corrects, surtout pour les cultures d'hiver. Couplés à des prix de ventes exceptionnellement élevés, principalement pour les céréales et oléo-protéagineux, l'année a été plutôt favorable. Les cultures de printemps ont plus subi la sécheresse, les structures ayant été impactées durant l'été-automne 2021 et peu restructurées par le retrait des argiles et le gel.

Ces évènements climatiques remettent sur le devant de la scène les techniques de conservation des sols. En 2021, pour limiter les coulées de boue et le ruissellement, en 2022 pour préserver les structures et l'humidité du sol. Au regards des enjeux qui nous attendent, et auxquels la nouvelle PAC participe activement, l'ACS se révèle une voie à explorer pour continuer à produire en suffisance tout en améliorant la résilience de l'agriculture. Pour aider les agriculteurs dans leur transition, de nombreuses pratiques agronomiques sont encore à découvrir, approfondir et comprendre. Vous en trouverez quelques-unes dans ce rapport.

Bonne lecture !

## 1 Contexte météorologique

L'année 2021 et 2022 sont deux années assez extrêmes en termes de pluviométrie et de sécheresse.

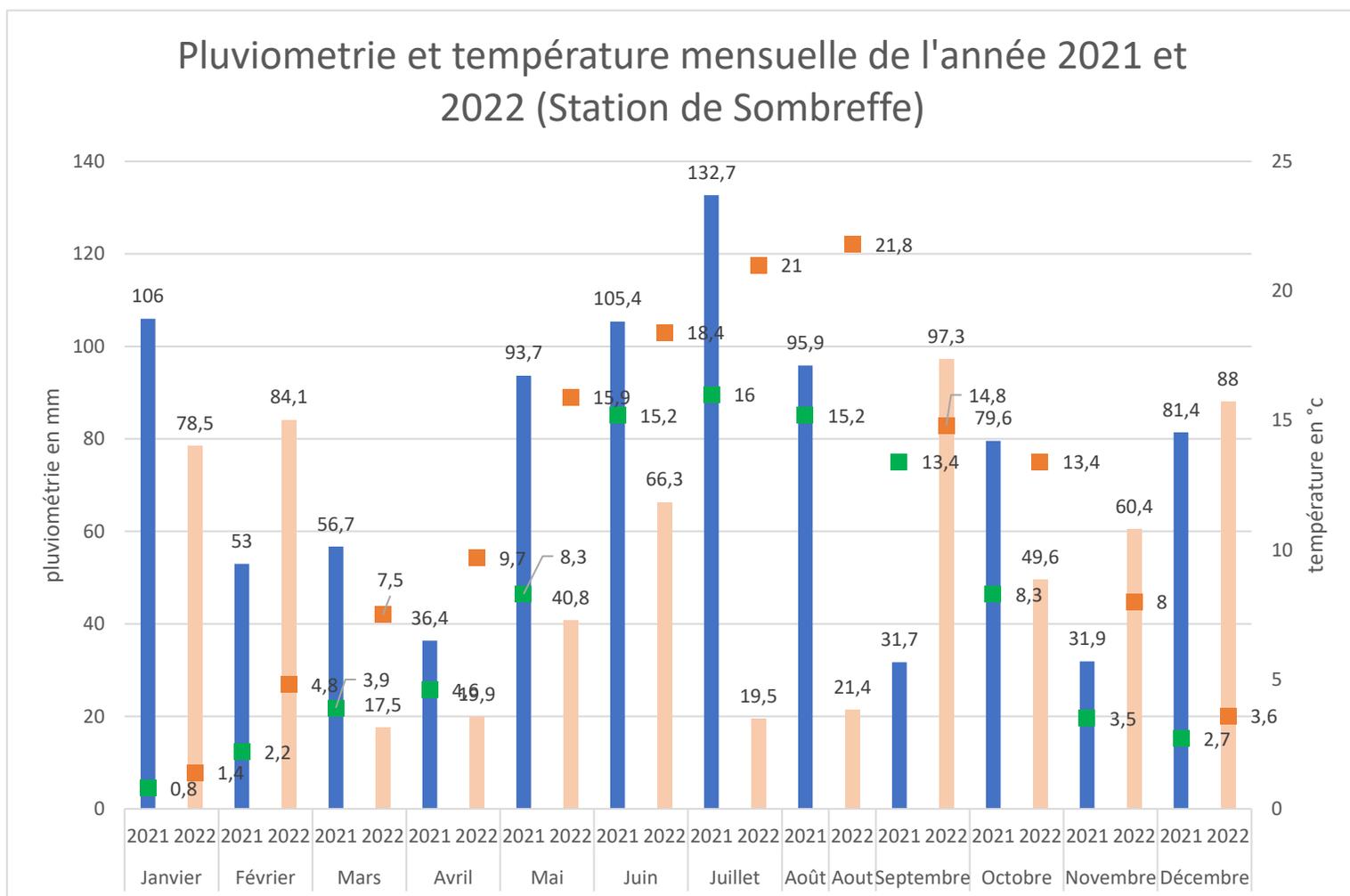


Figure 1 : Pluviométrie et température moyenne mensuelle sur 2 ans à la station météo centrale de Sombrefte par rapport à l'ensemble de nos essais

On remarque très clairement que les printemps-été 2021 et 2022 sont à l'opposé l'un de l'autre. Humide et froid en 2021 et sec et chaud en 2022. A titre d'information, la pluviométrie cumulée de 2021 était de 904mm et celle de 2022 de 643mm. En 2021, cela a engendré des problèmes pour la récolte des cultures (céréales et cultures de printemps) et le semis des couverts. En 2022 il faisait tellement sec qu'il a été difficile d'implanter le couvert et de le voir pousser durant l'été. Toutefois, l'été indien a fait gagner de la biomasse en fin de saison.

## 2 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 matière organique. 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 semis direct ou avec des plantes compagnes en inter-rang.

- Echantillonnage sur une trentaine de parcelles : Comment les différents modes d'implantation de la betterave sucrière influencent 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 associées à des plantes compagnes dans l'inter-rang ; Performance de cultures implantées en travail du sol réduit (semis direct, strip-till, TCS).

### 2.1 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 à la faible capacité 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 menée par l'ASBL Greenotec, en partenariat avec le groupe Carbon Farming de la Raffinerie Tirlemontoise et le Centre de Recherche Agronomique de Wallonie, une trentaine de parcelles sont sélectionnées en Wallonie, se distinguant par le mode d'implantation de la betterave : labour, techniques culturales simplifiées (TCS) « lourdes », TCS « léger » ou semis direct (SD). Les objectifs sont les suivants :

- Evaluation de la capacité d'infiltration de l'eau par un test Beerkan<sup>1</sup> et de la stabilité structurale par QuantiSlakeTest<sup>2</sup> ;
- Détermination des facteurs pouvant influencer ces deux paramètres, tels que les caractéristiques physiques (humidité, texture et structure), chimiques (taux et stabilité de la MO) et biologiques (bioturbation) du sol, ainsi que les modalités de gestion de la parcelle (intensité de travail du sol, la durée du couvert...);
- Comparaison des capacités de production des différentes modalités de gestion (rendements et marge économique brute).

## Dispositif expérimental et protocole

Trente parcelles réparties dans la zone limoneuse de Wallonie ont participé à l'étude. Chacune est définie par l'intensité du travail du sol (STIR) de la récolte de la culture précédente à 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 (7 parcelles), labour (7 parcelles), TCS léger (maximum 3 passages à maximum 15cm de profondeur ; 7 parcelles), TCS lourd (plus de 3 passages et/ou à plus de 15cm de profondeur ; 9 parcelles).

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

- Analyses de sol pour la texture, la granulométrie, le pH et le taux d'humus (0-10 et 0-30cm de profondeur)
- Le test Beerkan (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 2).

---

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

<sup>2</sup> [https://comifer.asso.fr/images/pdf/15emes\\_rencontres/Resumes/R21-RESUME-POSTER-VANWINDEKENS-STABILITE-STRUCTURALE-QUANTISLAKETEST.pdf](https://comifer.asso.fr/images/pdf/15emes_rencontres/Resumes/R21-RESUME-POSTER-VANWINDEKENS-STABILITE-STRUCTURALE-QUANTISLAKETEST.pdf)



Figure 2 : Test Beerkan pour évaluer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol (Source : ITAB Asso)

- Sur chaque parcelle, 4 échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'emporte-pièces de 100 cm<sup>3</sup> et de 5 cm de haut. Les échantillons ont alors été séchés à l'air libre pendant 1 mois minimum.
  - o Le QuantiSlakeTest (Figure 3) est une méthode mise au point par le CRA-W pour quantifier la stabilité structurale d'un échantillon de sol (entre 3 et 8cm de profondeur environ). Les mottes sont placées dans un panier sur une colonne d'eau et pesées en temps réel. Ainsi, 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 3. QuantiSlakeTest pour évaluer la stabilité structurale du sol

## Résultats et interprétation

### a. Capacité d'infiltration

Parmi les différentes parcelles, les techniques de TCS léger (faible profondeur et peu de passages de travail du sol) ont permis, en moyenne et en 2022, la meilleure infiltration de l'eau, par rapport au labour, TCS

lourd et SD (Figure 4). Comme l'intensité de travail du sol est négativement corrélée à la durée d'implantation du couvert, cette dernière contribue à l'explication de ce résultat. Cependant, les parcelles en SD présentaient, en moyenne, une mauvaise infiltration de l'eau, malgré une longue durée d'implantation du couvert. Cela pourrait s'expliquer par la moins bonne structure du sol en SD en raison des conditions climatiques de 2021 (été très humide et très peu de gel hivernal) qui n'ont pas été propices à la bonne restructuration du sol en vue d'une implantation des betteraves en semis direct.

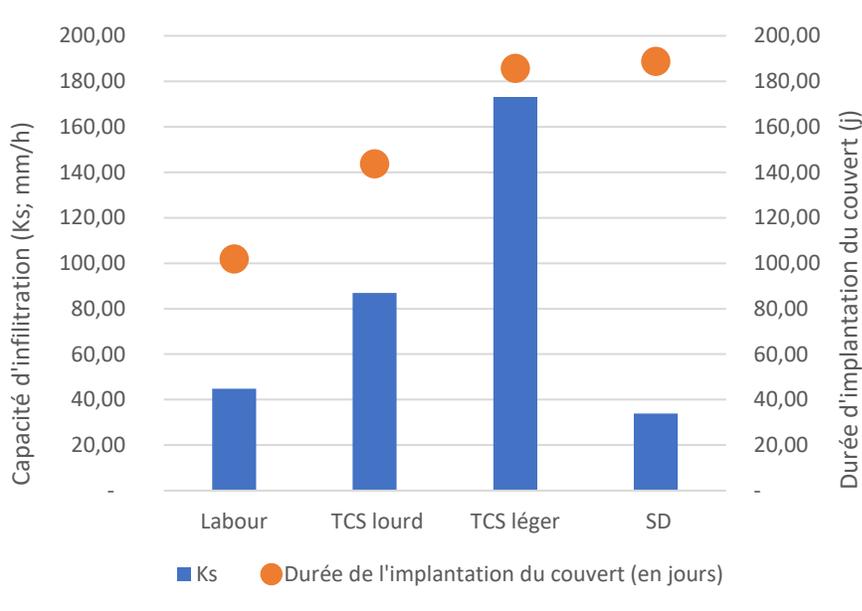


Figure 4 : Impact de la durée du couvert d'interculture sur la capacité d'infiltration du sol en mai 2022

#### b. Stabilité structurale

La corrélation négative entre intensité du travail du sol et durée d'implantation du couvert est d'autant plus claire en considérant la stabilité structurale (représentée par l'aire sous la courbe, AUC). En d'autres termes, c'est la combinaison de la diminution du travail du sol (TCS et SD) (Figure 5) et sa conséquence directe d'un couvert (plantes vivantes ou en mulch et leurs racines) en place pendant toute la période hivernale (Figure 6) qui contribue à la résistance du sol face aux pluies érosives, hivernales et printanières. Nous observons cependant de la variabilité entre les AUC des parcelles au STIR plus élevé (TCS lourd et labour), suggérant que d'autres paramètres rentrent en compte.

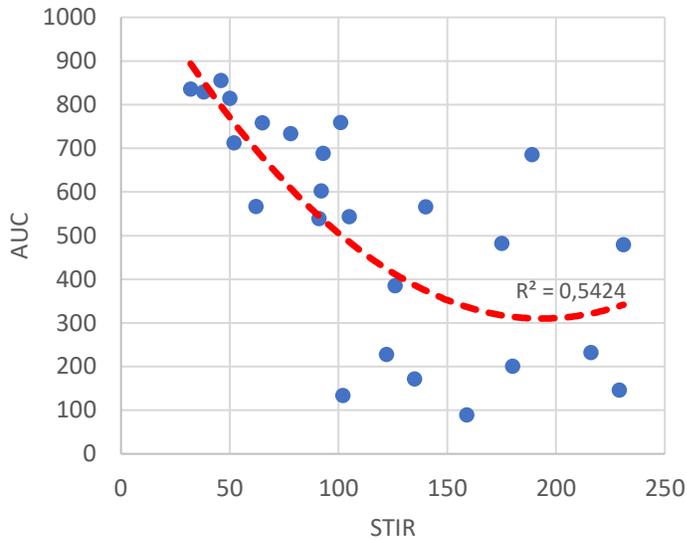


Figure 5 : Relation entre l'intensité du travail du sol (STIR) et la stabilité structurale du sol (AUC)

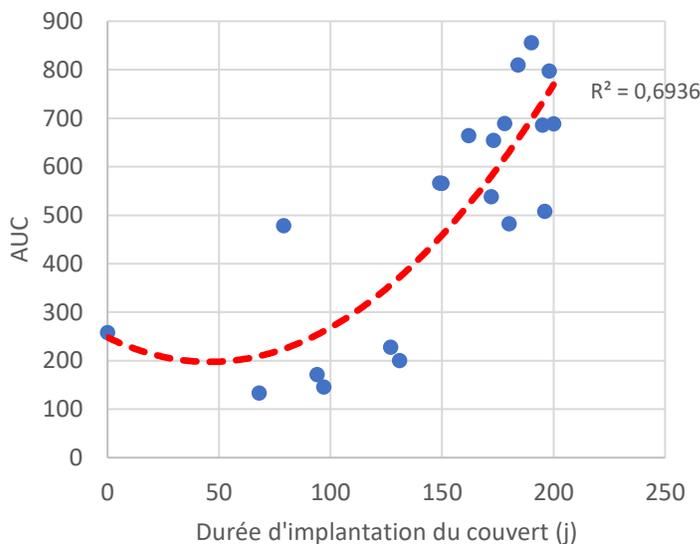


Figure 6 : Relation entre la durée d'implantation du couvert d'interculture (en jours) et la stabilité structure du sol (AUC)

En effet, on observe que plus le ratio taux de carbone sur argile est élevé dans l'horizon de surface (0-10cm de profondeur), meilleure est la stabilité structurale (Figure 7, Figure 8). Dans les parcelles en SD et TCS, la matière organique s'accumule dans cet horizon et contribue donc directement à la lutte contre l'érosion. Dans les parcelles travaillées plus profondément (15 à 30cm), la matière organique est diluée sur tout l'horizon travaillé et contribue donc moins à stabiliser le sol des 10 premiers cm (Figure 9).

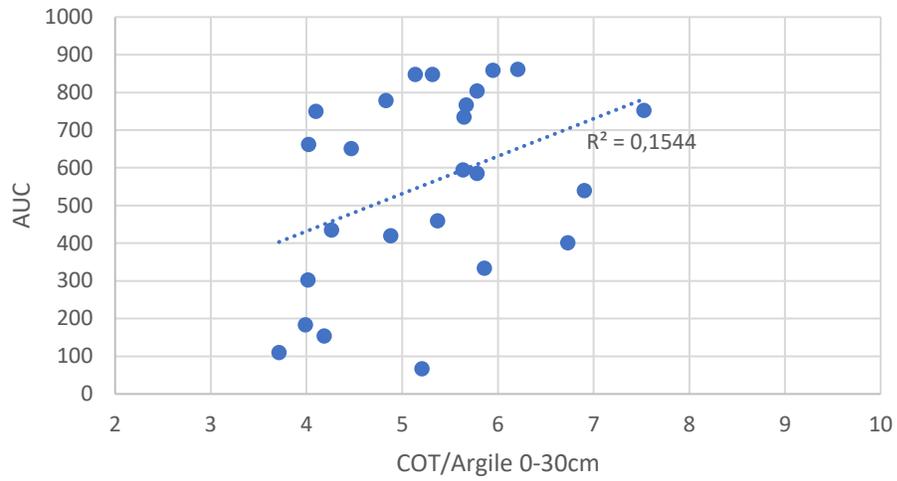


Figure 7 : Relation entre le rapport carbone organique total / argile sur 0-30cm de profondeur et la stabilité structurale du sol (AUC)

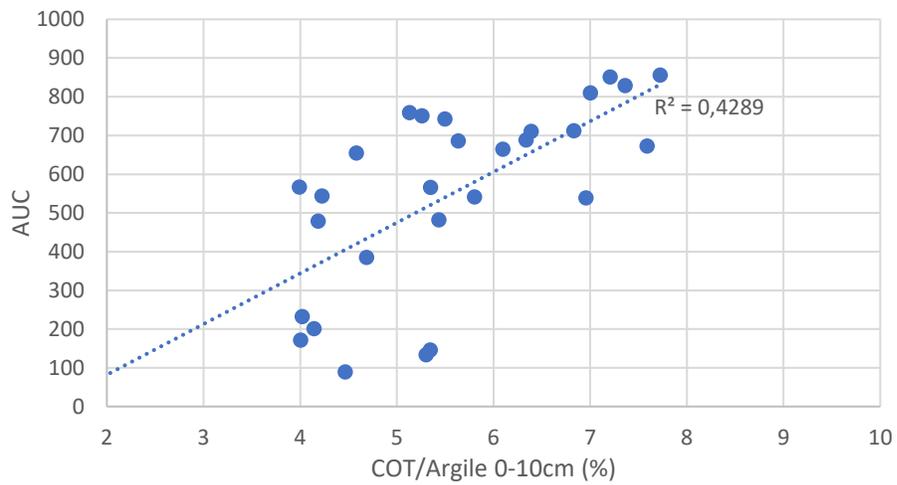


Figure 8 : Relation entre le rapport carbone organique total / argile sur 0-10cm de profondeur et la stabilité structurale du sol (AUC)

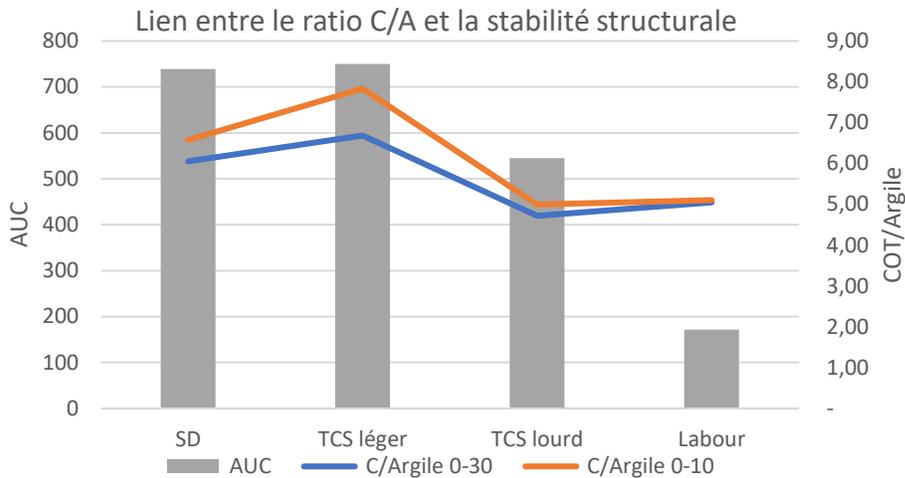


Figure 9 : Stabilité structurale du sol (AUC) en fonction de l'intensité du travail du sol (SD, TCS léger, TCS lourd et labour), en lien avec le rapport COT/Argile à 10 et 30cm de profondeur

Enfin, il semble que les parcelles labourées aient donné les meilleurs rendements en 2022, sans toutefois de grandes différences avec les TCS lourds et légers (Figure 10). Les résultats des parcelles en SD confirment nos hypothèses quant à la structure du sol non optimale pour cette technique en 2022. Il serait cependant pertinent de mettre ces rendements en perspective avec les coûts des opérations propres à chaque système.

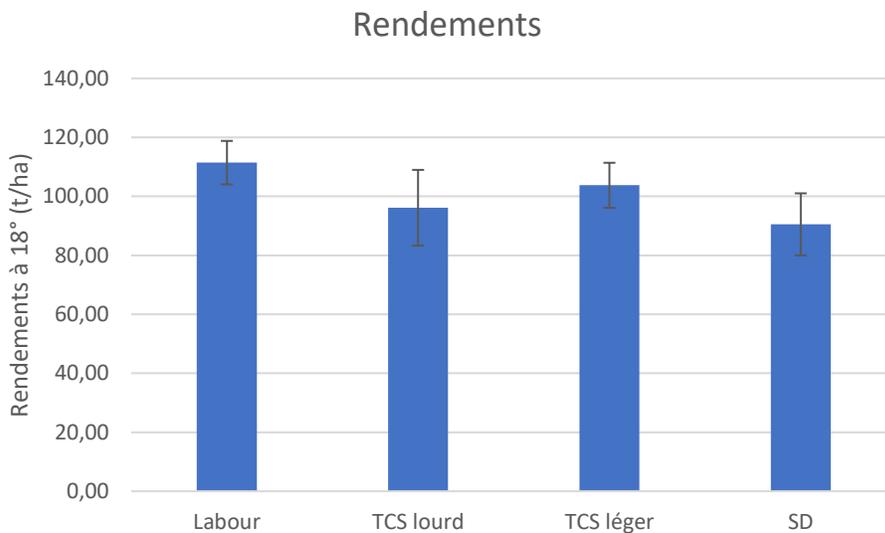


Figure 10 : Rendements à 18° de sucre en t/ha selon les pratiques culturales

## Conclusions

Les données que nous avons récoltées en mai 2022, sur une trentaine de parcelles de betterave, appuient l'intérêt de la réduction de l'intensité du travail du sol et de la longue couverture des sols pour lutter contre les phénomènes d'érosion hydrique. Ces pratiques se traduisent notamment par une accumulation de carbone organique dans l'horizon de surface, ce qui contribue directement à l'amélioration de la

stabilité structurale du sol. Ce phénomène est expliqué dans le webinaire organisé dans le cadre du projet Terraé : <https://youtu.be/DrFDMatcQQk>.

En résumé, les parcelles de betteraves implantées en TCS léger auraient été les moins sujettes à l'érosion au printemps 2022, grâce à une bonne infiltration de l'eau et une bonne tenue de la terre en cas de ruissellement. Cependant, peu de pluies érosives ayant eu lieu cette année, nous n'avons pas d'observation illustrant cette qualité.

A terme, le bilan économique devra tenir compte des externalités positives de ces pratiques de conservation des sols en betterave sucrière. Actuellement, c'est l'Eco-régime Couverture Longue des Sols et la MAEC Sol qui contribueraient à valoriser le service rendu à la société par des pratiques agricoles diminuant les risques d'érosion.

## 2.2 Plantes compagnes

### Hypothèses et contexte

Les plantes compagnes/de services sont des plantes cultivées en association avec une culture de rente et généralement non récoltées. Leurs principaux effets sont :

- 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 et attraction des auxiliaires).

Elles fournissent également des avantages connexes moins quantifiables tels que : l'amélioration de la structure du sol, le relais pour les mycorhizes, la production de pollen/nectar, etc. Ces services induisent en général une réduction l'utilisation des produits phytos, une réduction de la fertilisation minérale et un gain de rendement/marge économique

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

#### 2.2.1 En inter-rang du maïs :

##### Objectifs

Le sous semis de plantes compagnes dans une culture de maïs a plusieurs objectifs :

- Préserver la structure du sol et maintenir une bonne portance à la récolte via l'augmentation de la couverture du sol et de sa structuration par des racines vivantes
- Fixer de l'azote atmosphérique et le rendre disponible pour la culture suivante
- Couvrir le sol après la récolte

...Tout cela sans impacter le rendement de la culture en place !

##### Dispositif expérimental et protocole

L'essai s'est déroulé dans une parcelle située à Perwez, conduite en ACS depuis plusieurs années.

Le maïs a été semé le 20 avril 2022 après un passage de décompacteur suivi d'un passage de chisel et de herse rotative. Les sous-semis ont été réalisés le 13 juin 2022, lorsque que la culture atteignait le stade de 8 feuilles, à l'aide d'une bineuse équipée d'un semoir à la volée.

Les bineuses actuelles n'ont rien à envier aux pulvérisateurs en matière d'électronique. Cependant, pour effectuer un travail de qualité avec une désherbineuse, il est préférable de se munir d'un système de guidage pour garantir un résultat optimal. C'est pourquoi un dispositif de surveillance par caméras ou palpeurs mécaniques semble une bonne option, le must en la matière étant le RTK, qui offre avec une précision à maximum trois cm mais représente un investissement important.

Ce matériel permet une économie de produits phytosanitaires car il ne requiert aucun désherbage chimique sur cette parcelle d'essais. Certaines bineuses sont équipées d'un dispositif semeur pneumatique permettant de semer à la volée des couverts dans l'espace venant d'être biné. Une trémie reliée par des tubes conduisant des semences par flux d'air juste avant les griffes (Figure 122).

Nous avons donc voulu tester des mélanges d'espèces et de variété. Ces réflexions nous ont amené aux modalités suivantes :

- Mélange de 4 variétés de Trèfle blanc (7kg/ha)
- Trèfle Blanc mélange de 4 variétés + Lotier (4kg/ha – 5kg/ha)
- Trèfle Blanc mélange de 4 variétés + Trèfle violet (4 kg/ha – 5kg/ha)
- Mélange de 4 variétés de Trèfle blanc (7kg/ha)

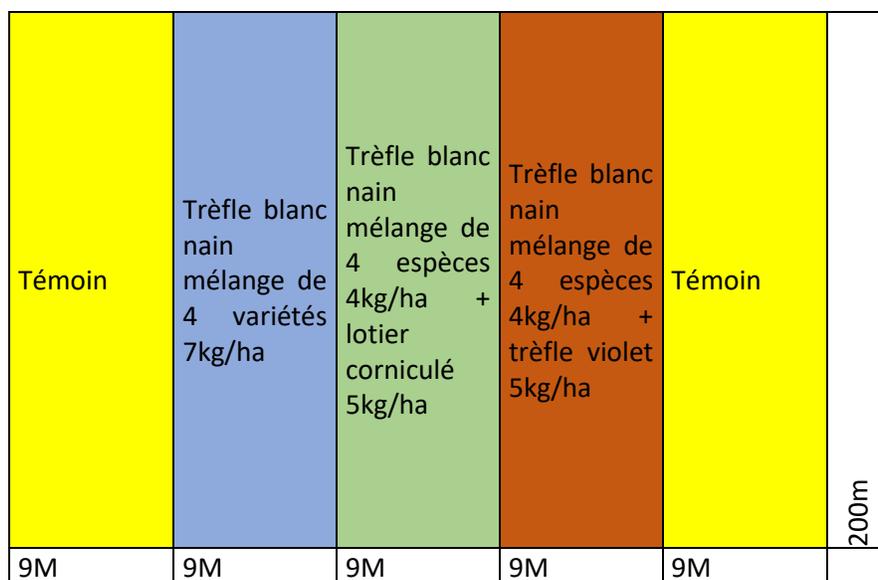
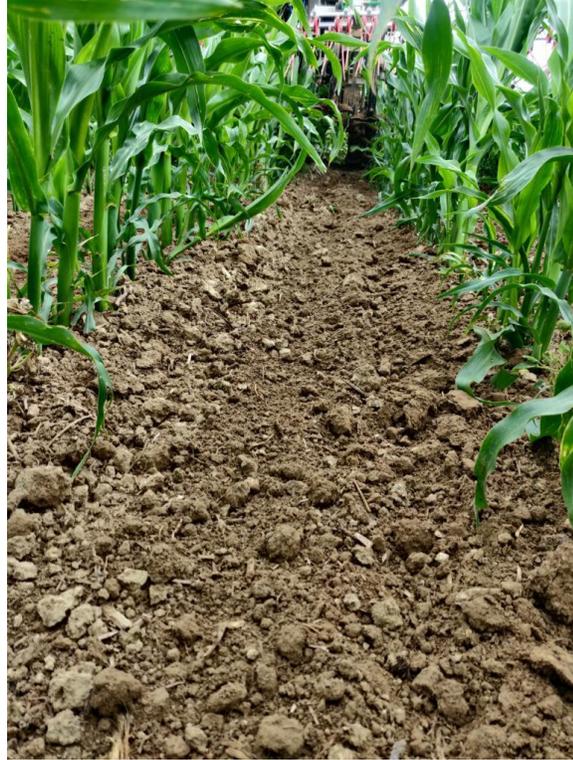


Figure 11 : Plan de l'essai à Perwez



*Figure 12 : photos du 13 juin lors du passage de la désherbineuse couplé au semis des petites semences*

### **Résultats et interprétation**



Figure 13 : présence timide du trèfle blanc le 11 aout  
trèfle blanc



Figure 14 : photo du 10 octobre après récolte avec très peu de

Le semis de plantes à faible PMG, sans enfouissement ni plombage, et ce en conditions sèches, est malheureusement généralement voué à l'échec. Nous avons également observé, lors des faibles pluies, que le maïs semblait former des gouttières avec ses limbes, afin de ramener l'eau à son pied et de ce fait détourner l'eau de l'inter rang. Les trèfles et lotier ne se développant pas et la biomasse de maïs n'étant visuellement pas différente entre les modalités, l'essai n'a pas été poursuivi jusqu'à la récolte.

### Conclusions

L'implantation de légumineuses en sous étage du maïs est une technique qui a fait ses preuves au niveau agronomique et environnemental mais sa mise en œuvre reste néanmoins très aléatoire. Un semis plus précoce, le plombage des semences et une légère pluviométrie auraient sûrement permis une meilleure levées des légumineuses.

#### 2.2.2 Semis direct de maïs avec trèfle blanc et du lotier corniculé

### Objectifs

Avec la hausse du prix des engrais (Terres-Net 2022), la (ré-)utilisation de légumineuses en tant que plantes compagnes à effet « engrais vert » est remise au-devant de la scène. D'après les résultats de nos essais, celles-ci peuvent en effet apporter de nombreux avantages, tant au niveau de la concurrence des adventices que le piégeage de l'azote ou l'amélioration de la portance du sol (Dessart, 2017). Il reste néanmoins de nombreuses questions concernant les itinéraires techniques (date, techniques, densité de semis, désherbage, etc.), comme l'a illustré l'essai précédent.

Afin de sécuriser la levée des plantes compagnes, nous avons décidé, en collaboration avec un agriculteur d'Aiseau-Presles équipé d'un semoir multi-cuves, de semer simultanément le maïs et les plantes compagnes. Cette technique est historiquement déconseillée, entre autres par le CIPF, car elle entraîne des pertes de rendement sur le maïs (conurrencé par les plantes compagnes) mais vu les échecs répétés d'implantation de plantes compagnes dans le maïs, nous avons tout de même voulu retenter l'expérience.

Cet essai se veut uniquement démonstratif et vise à optimiser les techniques de semis de plantes compagnes dans du maïs. Il a été mis en place sur une parcelle très hétérogène, qui empêche toute interprétation d'une potentielle différence de rendement. Nous avons donc décidé de nous focaliser uniquement sur le développement des plantes compagnes.

### **Dispositif expérimental et protocole**

Toutes les plantes ont été semées avec un semoir John Deere 750A modifié par l'agriculteur (rajout de deux trémies et d'un disque ouvreur). Le maïs fourrage, tout comme les plantes compagnes, a été semé en plein et non en rang comme cela se fait habituellement. Les différences de rendement par rapport à un semis à 45 ou 75cm seraient minimales selon les échos du terrain. Il semblerait également que le semis en plein limiterait les passages de sanglier (toujours selon les « on dit »).

L'implantation s'est effectuée en conditions assez sèches, dans un couvert de blé au stade épis 1cm, détruit quelques jours auparavant avec 960g de glyphosate à l'hectare.



Figure 15 et Figure 16 : maïs semé en plein dans un couvert de blé.

Deux couverts différents ont été semés :

- trèfle blanc 4kg/ha
- trèfle blanc 2kg + lotier corniculé 5kg

Croisés avec deux techniques de semis :

- Semis simultanés (un passage) : maïs et plantes compagnes à 3-4cm
- Semis différés (2 passages) : plantes compagnes à 1-2cm puis maïs à 5cm

Le maïs a été semé à environ 31kg/ha, ce qui correspond à environ 100.000 graines à l'hectare. 100kg de DAP 18-46-0 ont été incorporé au semis, complété par 80uN forme d'ammonitrate en post levée. Nous avons laissé une bande de 6m sans DAP pour essayer d'observer une potentielle influence sur le développement des plantes compagnes.

La parcelle a été désherbée avec un programme sélectif des légumineuses, à savoir :

Sulcogan 0,5 L/ha (1/3 dose) + Onyx 0,5 L/ha ((1/3 dose) + Stomp Aqua 1,6 L/ha (3/5 dose)

### Résultats et interprétation

Les levées ont été très hétérogènes, au sein de la parcelle et des deux techniques de semis. Globalement, le maïs et les trèfles se sont mieux comportés dans les taches argileuses, plus humides.

La profondeur de semis ainsi qu'un apport d'engrais starter en localisé ont été les deux facteurs déterminants pour la bonne levée du maïs, comme le montre le tableau ci-dessous

<b>Espèces, profondeur de semis et fertilisation</b>	<b>Densité levée</b>	<b>Perte de pieds</b>	
Maïs à 5cm	110.000	pieds/ha	
Maïs à 3-4cm	96.250	pieds/ha	-13%
Maïs à 3-4cm sans DAP	62.500	pieds/ha	-43%
4kg de TBN à 1-2cm	27500	pieds/ha	
4kg de TBN à 3-4cm	7.500	pieds/ha	-73%
2kg de TBN à 3-4cm	10.000	pieds/ha	-64%
5kg de lotier à 3-4cm	5.000	pieds/ha	
2kg de TBN à 3-4cm sans DAP	2.500	pieds/ha	-91%
5kg de lotier à 3-4cm sans DAP	2.500	pieds/ha	

Figure 17 : comptage de levées du maïs et des plantes compagnes à Aiseau-Presles 2022

Les plantes compagnes n'ont *a priori* pas concurrencé le maïs, entre autres vu leur très faible développement. Elles ont, en revanche, certainement été concurrencées par le maïs, entre autres au niveau de la nutrition hydrique car elles étaient beaucoup plus présentes dans les zones faiblement peuplées en maïs.

En raison de gros dégâts de sangliers et vu l'hétérogénéité de la parcelle, aucune autre mesure n'a été réalisée.



Figure 18 Parcelle à la mi-juillet et Figure 19 : Parcelle fin septembre. On distingue la différence de développement du trèfle semé à 1-2cm (à droite) et celui semé à 3-4cm (à gauche)



Figure 20 : blé implanté en direct dans un trèfle régulier

Le trèfle et le lotier étaient bien présents lors de l'ensilage du maïs. À la suite des dégâts de sanglier, l'agriculteur a décidé de passer une herse à paille en travers, pour reboucher légèrement les trous. Il semblerait que ce passage ait arraché des stolons de trèfle, qui ont repiqué durant l'hiver. Ce passage aurait donc permis de multiplier végétativement les trèfles !

Par la suite, un blé (150kg/ha, variété Winner) a été implanté à la mi-octobre, également avec le 750A. Il a été désherbé avec 650g de glyphosate (1.8L) et 0.8L de Mertil. Des mesures de reliquats sont prévues en sortie d'hiver

## Conclusions

Cet essai, assez simple, nous a tout de même permis de valider certaines hypothèses :

1. L'implantation avec un semoir amène globalement de meilleurs résultats qu'un semis à la volée.
2. Chaque espèce doit être semée à sa profondeur optimale. En voulant faire l'économie d'un passage de semoir, nous avons hypothéqué la levée et donc le développement du maïs et des plantes compagnes.
3. Lors d'un semis direct de culture de printemps, la fertilisation localisée est obligatoire.
4. Les plantes compagnes ne semblent pas amener de gain de rendement au maïs mais pourraient permettre de diminuer la fertilisation de la culture suivante.
5. Un passage de herse à paille à l'automne permettrait de multiplier les trèfles !
6. Une cohabitation plantes compagnes – maïs est clairement envisageable (et souhaitable !)

A suivre ! Merci à Paul Misonne – Sem Innov pour cette belle collaboration.

### 2.2.3 En inter-rangs de chicorées :

#### Objectifs

Le sous semis de plantes compagnes en culture de chicorée à inuline a été imaginé pour améliorer la préservation de l'état structural du sol après récolte (généralement tardive) et pour améliorer les reliquats post-récolte, favorables au bon développement de la culture suivante. Le but de cet essai était donc d'améliorer l'intérêt de la chicorée dans la rotation via trois objectifs opérationnels :

- Préserver la structure du sol et éviter les tassements potentiellement profonds par l'action des racines des plantes compagnes ;
- Fixer de l'azote atmosphérique et le rendre disponible pour la culture suivante ;

- Couvrir le sol après la récolte.

...Tout cela sans impacter le rendement de la culture en place.

### Dispositif expérimental et protocole

#### Localisation de la parcelle

L'essai a eu lieu à Estaimpuis (province du Hainaut) sur une parcelle avec un précédent de betterave sucrière. La parcelle a été couverte durant l'hiver par un froment, détruit au glyphosate en fin d'hiver et a été conduite selon l'itinéraire suivant :

Tableau 1 : Itk de l'essai chicorée

Date	Opération culturale	Modalité
<b>Fin hiver</b>	Destruction chimique du couvert	Toutes
<b>26/04/21</b>	Déchaumeur à dent	Sauf strip till
<b>27/04/21</b>	Herse rotative et semis de la chicorée	Sauf strip-till
<b>27/03/22</b>	Passage du strip till puis semis de la chicorée	Uniquement strip-till
<b>11/05/22</b>	Semis des légumineuses à la volée	TB + TV; TB + lotier; TB
<b>31/05/22</b>	Semis des légumineuses à la volée + binage	TB + TV; TB + lotier; TB

#### Plan d'essai

Forts de l'expérience de l'année précédente, nous avons fait le choix d'utiliser le lotier, le trèfle blanc nain et le trèfle violet. Ayant constaté que :

- Le lotier et le trèfle violet ont impacté négativement mais de façon non significative le rendement de la chicorée. Ils présentaient une bonne couverture du sol et nous avons observé moins de tassement post-récolte dans les zones couvertes par ces deux espèces ;
- Le trèfle blanc nain a impacté positivement mais de façon non significative le rendement de la chicorée. La production de racines et de biomasse était en revanche plus faible.
- La luzerne a été écartée car trop concurrentielle.

Nous avons donc voulu tester des mélanges d'espèces et de variété. Ces réflexions nous ont amené aux modalités :

- Trèfle Blanc / Lotier (4kg/ha – 4kg/ha)
- Trèfle blanc/ Trèfle violet (variété dimanche) (4 kg/ha – 3kg/ha)
- Mélange de variétés de Trèfle blanc (variétés Huia et Haifa) (4kg/ha)

Le deuxième questionnement concernait la date de semis des plantes compagnes. Dans le doute, nous avons donc testé 2 dates de semis différentes : le 11/05/22 et le 31/05/22 (binage des chicorées).



## Protocole

Plusieurs indicateurs ont été mesurés : la levée des chicorées et le rendement de la culture principale. Une mesure de la levée des plantes compagnes et de leur biomasse étaient prévues mais la sécheresse estivale a trop impacté la levée et l'efficacité des plantes compagnes, ce qui n'a pas permis ces mesures.

La levée des chicorées a été mesurée le 26/04/22 en comptant le nombre de chicorées sur 6 m. Cette mesure a été répétée 4 fois par modalité.

Le rendement a été mesuré sur un double rang de 6 mètres en comptant le nombre de racines de chicorées et en mesurant le poids de chaque rang. Ces mesures ont été répétées 4 fois par modalités.

## **Résultats et interprétation**



*Figure 23 : trèfle blanc sous la chicorée le 27/07/2022*

Les mesures liées aux plantes compagnes ont été abandonnées à la suite de leur faible développement causé principalement par la sécheresse et les hautes températures estivales. Les sous-semis n'étaient pas assez développés pour permettre de poursuivre l'essai dans de bonnes conditions. Les plantes compagnes ont levé uniquement dans les modalités semées début mai. Lors de la seconde

date de semis, l'humidité résiduelle était trop faible pour assurer une levée correcte. Sachant que la levée du trèfle est favorisée par un recouvrement et/ou un roulage, de meilleurs résultats auraient pu être obtenus avec le passage d'une herse étrille à la première date de semis.

Le trèfle qui a su germer était bien présent sous la chicorée et a profité des dernières pluies pour se développer. La densité voulue n'était tout de même pas au rendez-vous et il s'agissait plutôt de ronds de trèfles dans la parcelle. Ceci aurait pu poser des problèmes d'arrachage à l'agriculteur qui retrouvait les stolons de trèfle dans le tas de chicorée. La biomasse aérienne de la plante compagne n'est pas un problème pour l'arrachage (broyage) mais en est un pour le rendement de la chicorée. En revanche, les stolons du trèfle blanc n'impactent pas le rendement de la chicorée mais compliquent l'arrachage.



Figure 24 : Etat du trèfle lors de la récolte le 03/11/2022 Figure 25 : Lotier sous la chicorée le 27/07/2022 Figure 26 : Etat de la parcelle après arrachage et semis du blé

Un blé a été semé après un travail du sol pour reprendre la compaction créée par l'arrachage. On constate que quelques trèfles sont encore présents et pourraient réapparaître dans le froment.

### Conclusions

Sur base de notre essai 2022, nous n'avons pas pu obtenir de résultats concluants. La technique peut donc encore certainement être améliorée, l'échec des levées cette année en est une preuve. Il est primordial d'assurer la levée des plantes compagnes en profitant de l'humidité du sol. Il faudra donc tester des dates de semis plus précoces des plantes compagnes. Cependant, la dernière date de semis le 31 mai permet un binage des chicorées et donc une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, ce que ne permettent pas, ou difficilement, des dates plus précoces. De plus, un recouvrement superficiel des semences de plantes compagnes maximise les chances de réussite des levées. C'est ainsi que dans les prochains essais, une modalité avec une date de semis plus précoce sera ajoutée avec un recouvrement ou non avec une herse étrille qui permettra un désherbage mécanique et, nous l'espérons, des conditions de réussite augmentées.

### 2.3 Réduction du travail du sol

#### Hypothèses

La réduction du travail du sol est une pratique-clef 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 (15 premiers centimètres).

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

pour l'environnement (lutte contre l'érosion, mais aussi diminution des intrants) et la marge économique de la ferme.

### 2.3.1 Semis direct et TCS en betteraves sucrières

#### Objectifs

Les surfaces de betteraves sucrières sont en baisse depuis plusieurs années, entre autres à cause de la baisse de rentabilité, la jaunisse virale et l'érosion des sols. La réduction de travail du sol peut être une des solutions apportées à ces problèmes. Le travail du sol est une opération culturale coûteuse tant au niveau de la main d'œuvre, du carburant que de l'usure du matériel. Sa diminution permet de préserver des auxiliaires de cultures telluriques et préserver la stabilité structurale du sol, et donc sa résistance à l'érosion, comme détaillé au point 2.1 de ce rapport. L'amélioration de la stabilité structurale pourrait également limiter les compactations liées aux arrachages de betteraves et donc les impacts négatifs sur les cultures suivantes.

#### Protocole

Cet essai a été mené sur une parcelle limoneuse à Eghezée dans la province de Namur. Le précédent était du lin fibre et le couvert est composé de radis, phacelie, avoine blanche, trèfle d'alexandrie et de tournesol. La plupart du couvert a passé l'hiver sauf le tournesol et le trèfle d'alexandrie qui ont été détruits par les petites gelées de l'hiver 21-22.

En bonus : Explication de l'essai, itinéraire technique et témoignage de l'agriculteur jusque 6minutes 30 : <https://www.youtube.com/watch?v=WH2KLDwrfOc>

Nom Modalité	Destruction chimique	Travail du sol la veille du semis
Rotative couvert détruit glypho	Couvert détruit au glypho <b>3 semaines</b> avant le semis	1 passage de rotative
Témoin agriculteur couvert détruit glypho	Couvert détruit au glypho <b>3 semaines</b> avant le semis	2 passage de vibro + affinage outils à dents et rouleaux
Rotative couvert vivant	Glypho 3 jours avant le semis	Couvert encore vert détruit a la rotative
Rubin, vibro, rotative couvert vivant	Glypho 3 jours avant le semis	Couvert encore vert détruit au Rubin + vibro + rotative
Rubin, rotative couvert vivant	Glypho 3 jours avant le semis	Couvert encore vert détruit au Rubin + rotative



Figure 27 : Carte des sols avec localisation de l'essai



Figure 28 : Bande du couvert non détruite juste avant le semis



Figure 29 : Plan de l'essai betterave Eghezée 2022

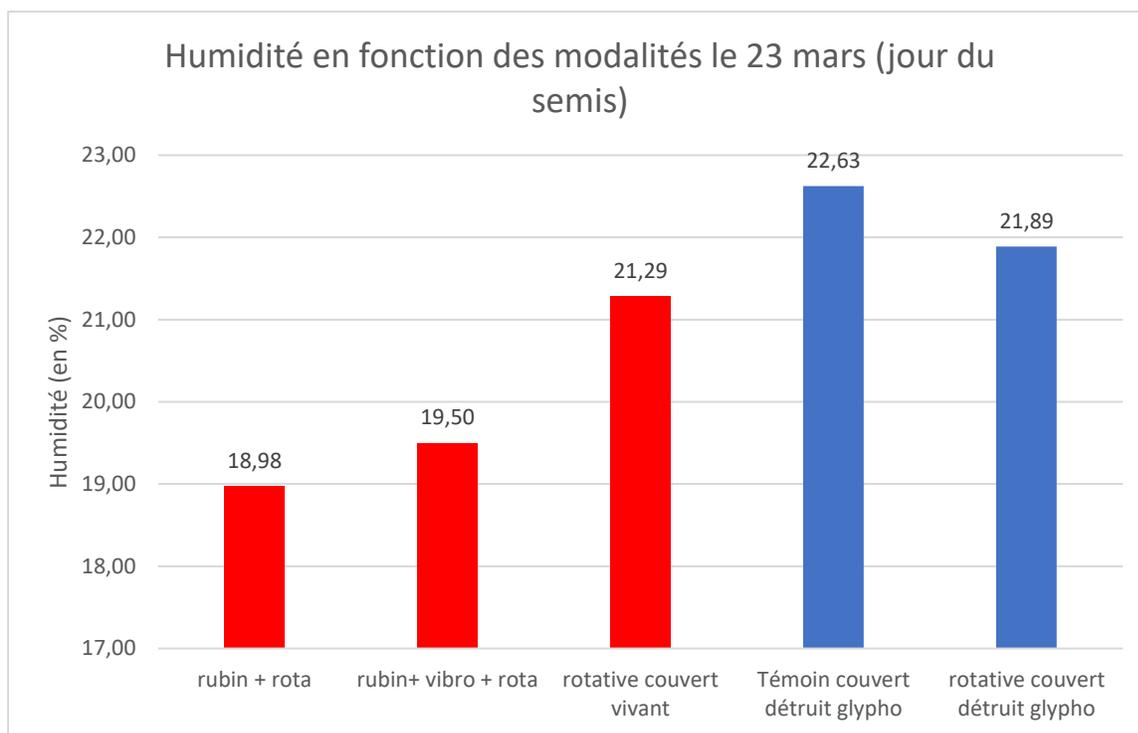


Figure 30 : Humidité le jour de la plantation des betteraves à +/-5 cm de profondeur

Sans que cette valeur soit significative, nous observons une légère différence entre les zones où le couvert a été détruit 3 semaines avant le semis (en bleu) et celles où celui-ci a été détruit 1 jour avant le semis (en rouge). Cela peut s'expliquer par le fait que le couvert détruit la veille du semis a évapotranspiré et donc prélevé de l'eau dans le sol jusqu'à la plantation de la betterave.

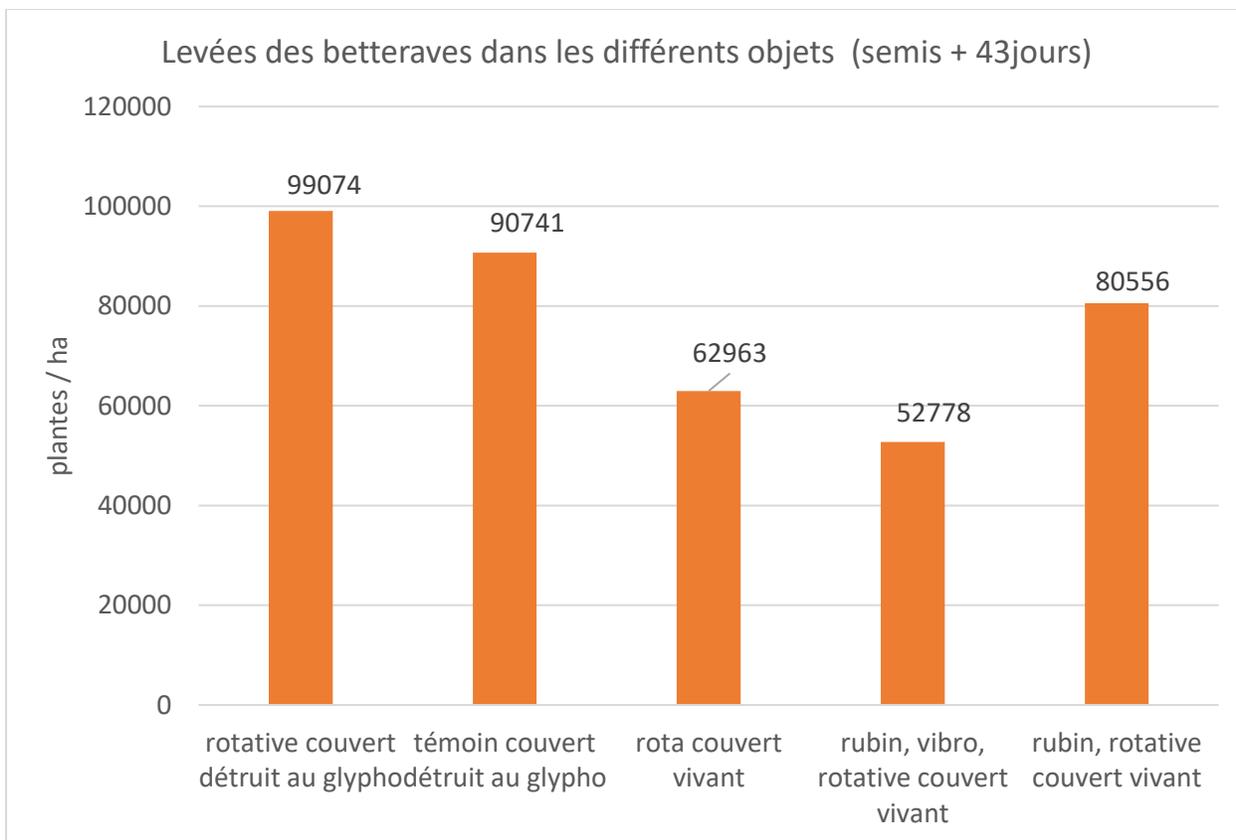


Figure 31 : Comptage de levées le 10 mai 2022

La destruction tardive du couvert a entraîné une diminution de la qualité du lit de semences et donc de la levées des betteraves comme le montre la figure ci-dessus. Ce manque de levée est également clairement visible sur la photo aérienne de l'essai (Figure 29).

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces résultats contrastés :

1. Lors d'une destruction tardive, de nombreux résidus végétaux se retrouvent dans le lit de semences et limitent de ce fait le contact sol-graine et la bonne germination des betteraves. Un travail supplémentaire (Déchaumeur à disques indépendant – DDI, la veille du semis) améliore la qualité du lit de semences ;
2. Les couverts détruits tardivement peuvent entraîner une faim d'azote, qui pénalise également la levée des betteraves ;
3. La décomposition des résidus végétaux frais, en modifiant la flore microbologique du sol peut inhiber la germination de la betterave (~fonte des semis).
4. Le vibroculteur, qui a travaillé plus profondément que le DDI et la rotative, aurait remonté des mottes de terre, et de ce fait diminué la qualité du lit de semence, plus grossier.

Les jeunes plantules ne disposent alors même pas des éléments fertilisants dont ils ont besoin (faim d'azote). La météo sèche et le vent n'ont, par ailleurs, pas arrangé les choses.

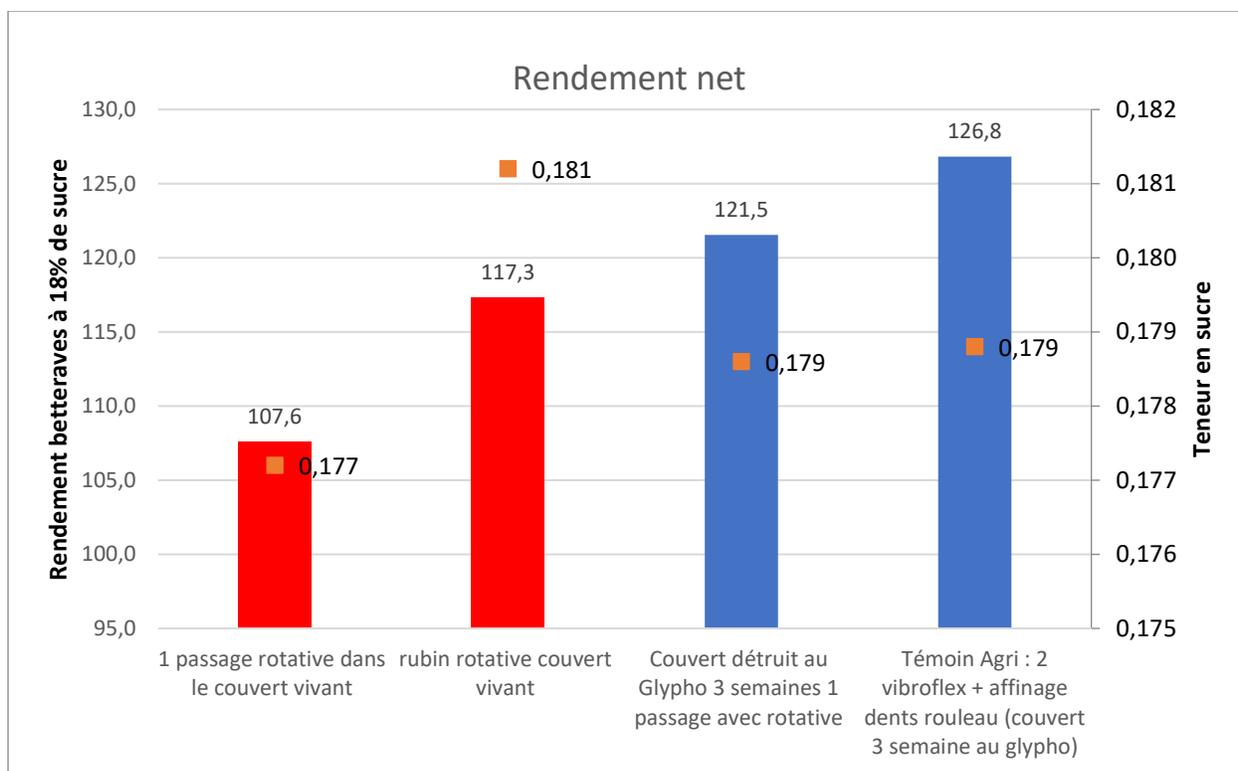


Figure 32 : Rendement des différentes modalités remis à 18% de sucre

Dû à un manque de moyens humains, la modalité « Rubin - vibro - rotative » n'a pas été récoltée. Globalement, les rendements ont été très satisfaisants dans toutes les modalités. De gros écarts de rendements se marquent tout de même entre les modalités « couvert détruit » et « couvert vivant », liés en grande partie à la moins bonne levée des betteraves. Il semblerait également que l'intensité du travail (nombre de passage et profondeur) ait un effet positif sur le rendement via l'affinage du sol, son oxygénation et la minéralisation qui en découle.

On a récolté une modalité en moins surtout pour diminuer la charge de travail à la récolte et car elle était très semblable aux 2 autres modalités. Le taux de sucre entre les modalités n'est pas fortement différent. On remarque très clairement que les résultats sont moins bons lorsque le couvert a été détruit la veille du semis. Les couverts détruits de manières chimiques 3 semaines avant le semis ont été avantagés. Cependant les résultats de rendements sont assez impressionnants de manière générale sur l'essai. Il ne faut pas oublier que nos essais se déroulent toujours sur une des plus belles parties de la parcelle sans prendre en compte les fourrières. Pour info l'agriculteur fait un rendement sur l'ensemble de la parcelles de 116t à 16,66 de sucre et donc 108t à 18.

#### Impact de la date et de la technique de destruction du couvert sur la culture de betteraves à Eghezée

#### Impact de l'intensité du travail du sol (labour/non-labour)

L'essai a lieu à Eghezée dans la province de Namur dans un sol limoneux. Le précédent était un froment et anté-précédent pomme de terre. Le couvert est composé de radis, phacélie, avoine, trèfle d'Alexandrie et tournesol. La plupart du couvert a passé l'hiver sauf le tournesol et le trèfle d'Alexandrie.

En bonus : Explication de l'essai, itinéraire technique et témoignage de l'agriculteur après 6minutes 30 du lien suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=WH2KLDwrfOc>

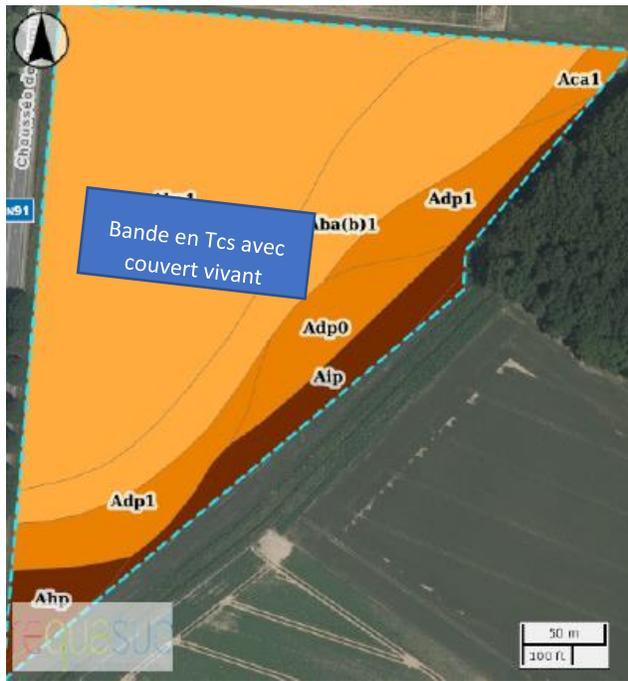


Figure 33 : Carte des sols avec la localisation de la bande de Tcs, le reste étant en labour



Figure 34 : Photo aérienne de l'essai avec zone de coloration très marquée entre les 2 modalités (labour à gauche et Tcs à droite)

Les observations visuelles peuvent déjà expliquer beaucoup de choses. On remarque que les betteraves à droite ont une carence en azote assez marquée. Comme expliqué plus haut, cela peut provenir du fait de la destruction tardive du couvert et la concurrence entre la betterave et la dégradation du couvert.

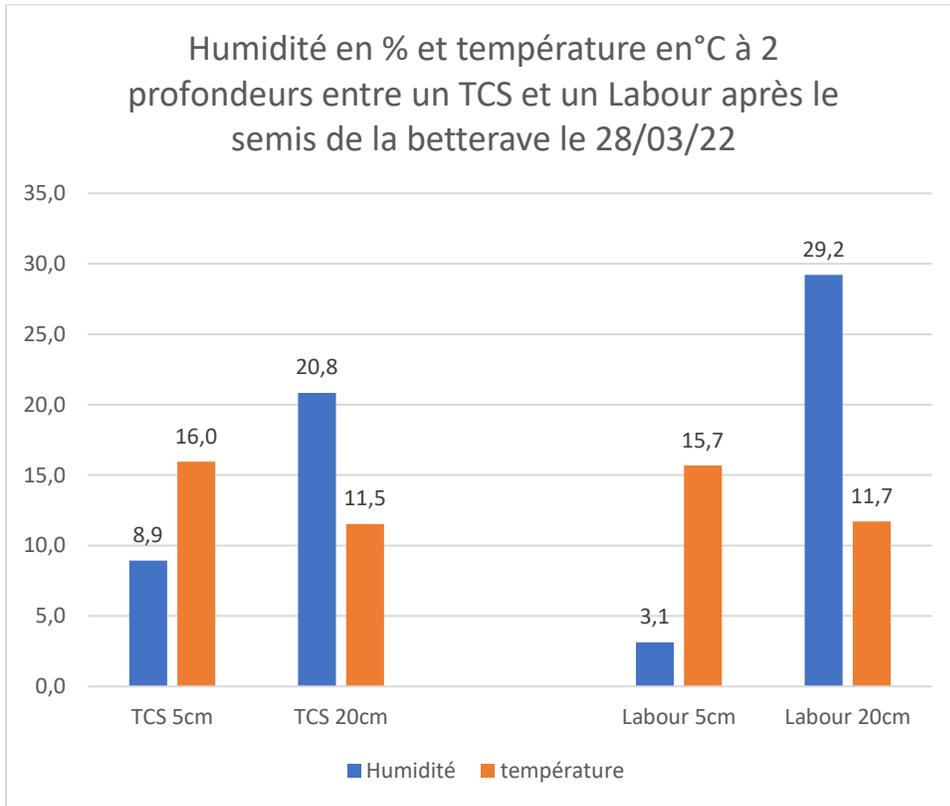


Figure 35 : température et humidité prises à 2 profondeurs différentes

L'humidité et la température sont favorables à la germination de la betterave en TCS (0-5cm). Le fait de ne pas avoir labouré permet de conserver une meilleure humidité de surface. En revanche, à une profondeur de 20 cm, on remarque que l'humidité est plus importante en labour. Ceci est sûrement dû au fait que la semelle de labour retient l'humidité et empêche celle-ci de descendre. D'après ce graphique, l'avantage de germination est pour la modalité TCS.

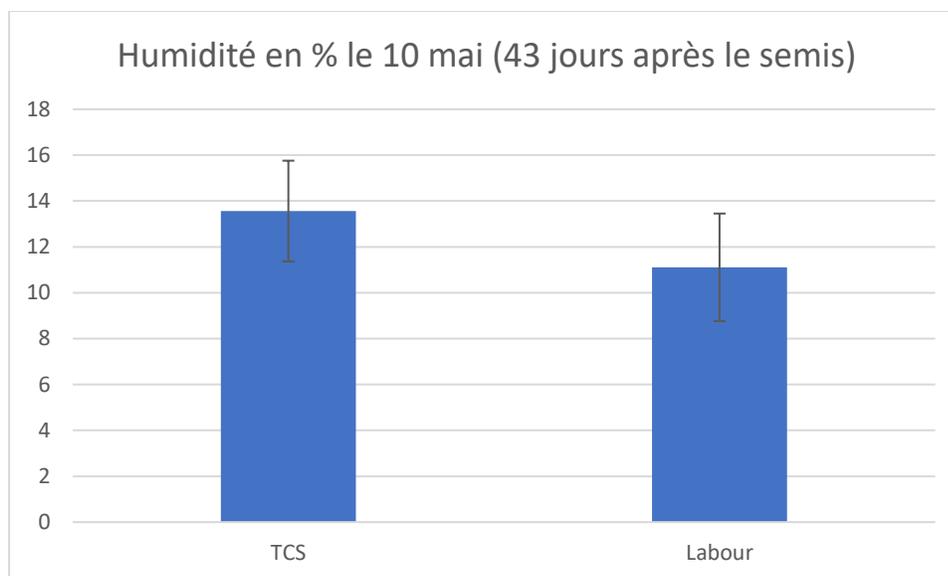
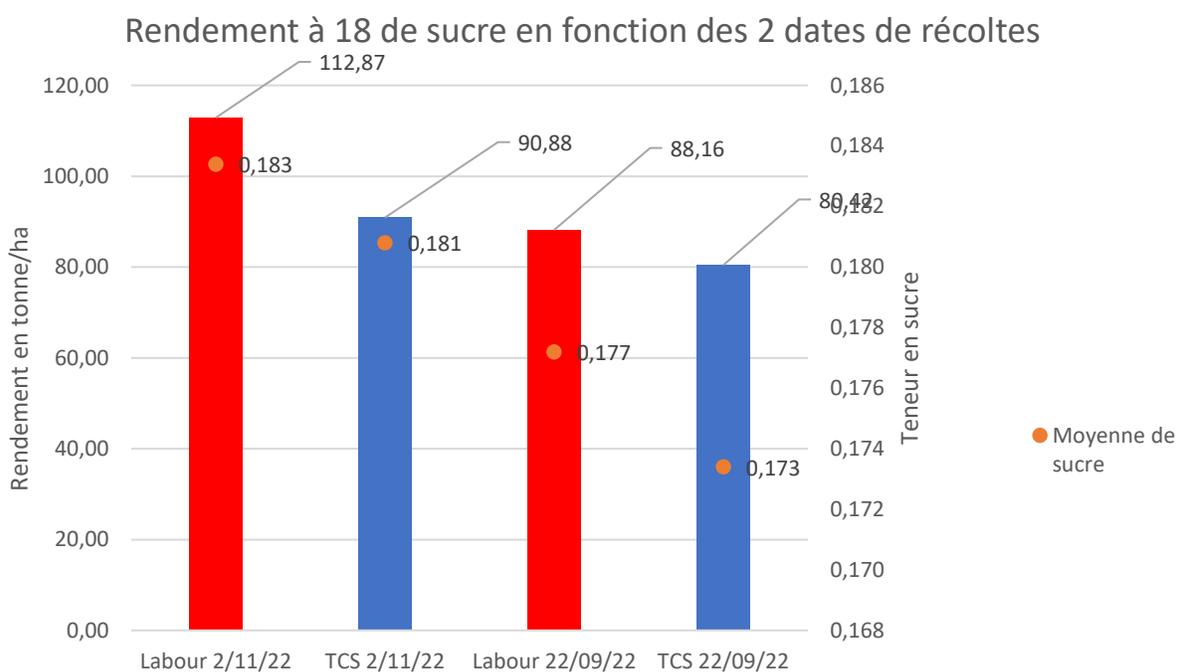


Figure 36 : Humidité à 5 cm de profondeur après un peu moins d'1 mois et demi

Durant la période printanière sèche 2022 (cfr contexte météo début du rapport), on remarque que l'on conserve toujours une meilleure humidité à 5 cm de profondeur pour la modalité TCS.



A titre d'information, le nombre de betteraves est plus ou moins équivalent entre les 2 modalités, et varie dans les répétitions de comptage de 95.000 à 100.000 pieds par hectare. Le rendement remis à 18 de sucre est bien supérieur lorsque l'on retarde la récolte de 42 jours. Cela est dû surtout à la douceur que l'on a connue lors de cet automne 2022. De plus, le taux de sucre moyen augmente de 0.6 à 0.8 % entre les deux

dates de récolte. Les modalités en labour sont bien supérieures en termes de rendement peu importe la date de récolte. Selon nous, cela provient surtout de la destruction trop tardive du couvert en TCS et de la sécheresse qui a suivie.

**Essai de comparaison entre un TCS avec un couvert détruit juste avant le semis de betteraves et un semis direct à Ophain.**

L'essai se déroule dans une parcelle limoneuse après escourgeon. En TCS, le couvert a été détruit simplement à l'aide de 1 passage de rotative le jour du semis sur 12m de large. Le semis direct dans le couvert vivant a été réalisé avec le même semoir (Horsch Maestro) que dans la modalité TCS. Le glypho a été réalisé quelques jour après le semis à 3l/ha.

Plus d'infos sur la parcelle : <https://www.youtube.com/watch?v=fSpy859kE8I>



Figure 37 Semoir Maestro dans la partie TCS à gauche et SD à droite le 24 mars 2022



Figure 38 : Semence semée trop profondément étant bloqué



Figure 39 : Moutarde d'Abyssinie dépassant les betteraves

Lors de cet essai, nous avons rencontré un gros problème de désherbage et destruction du couvert. Le couvert composé de phacélie, trèfle incarnat, moutarde d'abysinie, vesce et tournesol (seul espèce n'ayant pas passé l'hiver) n'ont pas bien été détruits juste après le semis direct des betteraves. Un grand nombre de phacélies et de moutarde d'abysinie ont résisté à 3l de glyphosate. L'agriculteur a donc détruit à la rotative une bande de 12m, juste avant de semer le couvert. Le reste de la parcelle de 10ha était en semis direct. Le rendement de l'agriculteur pour l'ensemble de la parcelle est de 84t/ha.

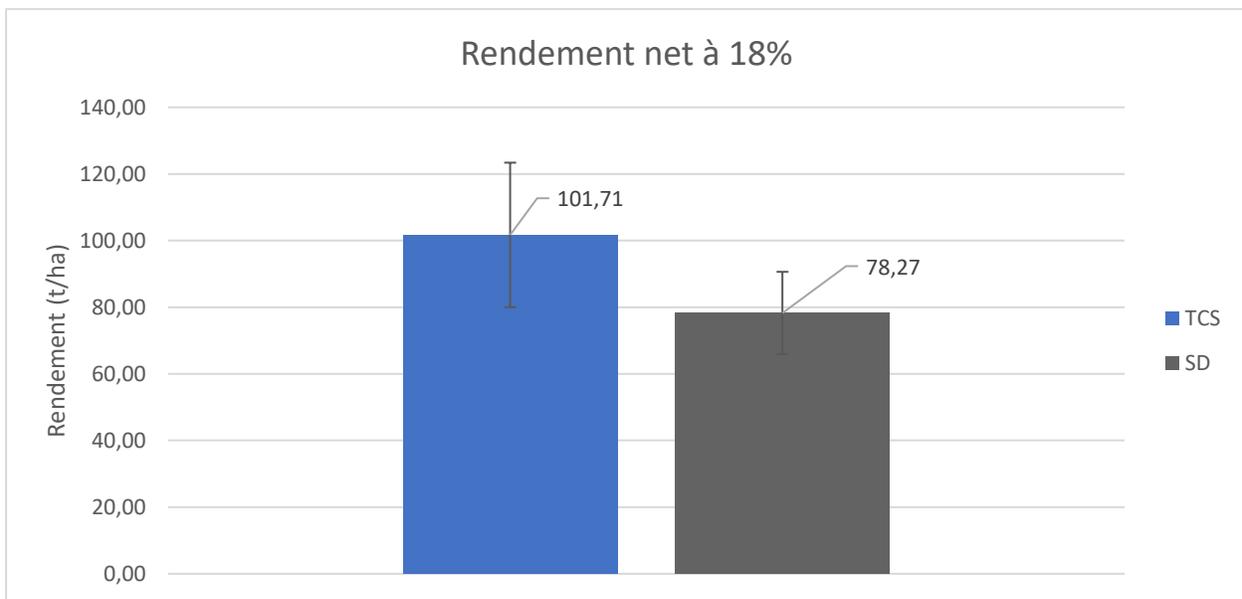


Figure 40 : Rendement en tonnes par hectare remis à 18% de sucre entre la modalité TCS et SD

Pour cet essai, les résultats et différences de rendements s'expliquent par la concurrence du couvert précédent resté vivant et par une mauvaise levée des betteraves aussi bien en TCS qu'en SD. La mauvaise levée en TCS peut s'expliquer par le fait qu'une destruction du couvert le jour du semis influence négativement la levée. Le fait de poser la semence de betterave sur de la matière organique vivante ou en voie de décomposition peut inhiber la germination de la betterave (fonte des semis). De plus les micro-organismes normalement chargés de libérer les éléments minéraux se retrouvent accaparés à décomposer le couvert. Les jeunes plantules ne disposent alors même pas des éléments fertilisants dont ils ont besoin (faim d'azote). La météo sèche et le vent n'ont pas arrangé les choses.

### Essai comparatif de travail du sol à Gibecq

L'essai a lieu à Gibecq dans la province du Hainaut dans un sol limoneux.

Les informations de la parcelle, l'itinéraire et le couvert en place ont été décrites dans la vidéo suivante : [https://www.youtube.com/watch?v=R90qhH\\_itXk](https://www.youtube.com/watch?v=R90qhH_itXk)



Figure 41 : Carte des sols de l'essai à Gibecq

Au moment du semis, la parcelle avait une bonne structure sur 10cm avec bioturbation et quelques vers de terre (moins que sur les autres parcelles de l'agriculteur). On a observé une petite zone tassée avec passage de racines à 15-20cm. La structure légèrement fermée pour semer en direct mais bonne en surface.

Le semis a été compliqué en TCS car les résidus des couverts végétaux s'enroulaient autour des disques du déchaumeur. La décision a alors été prise de semer en SD. Ce n'est pas la seule parcelle semée en semis direct par l'agriculteur, c'est en revanche la seule qui comportait un témoin TCS dans la même parcelle.

Le couvert présent était en fait les repousses de lin de la culture précédentes. Le lin était assez développé et arrive à peu près au niveau du genou.

Tableau 2 : Itk de la parcelle

Date	Opération culturale	Modalité
<b>Début de printemps</b>	Destruction du couvert chimiquement	Toutes
<b>19/03/22</b>	Déchaumeur à disque	TCS
<b>20/03/22</b>	Semis des betteraves	Toutes

Le semis a été fait avec un *Vaderstad Tempo* sans engrais localisé. L'engrais a été mis en plein juste avant le semis.

Les prises d'Humidité et températures ont été prises le : 24-03-22 et le 29-04-22 à 5 cm de profondeur.

La récolte a été effectuée en arrachant manuellement 2 rangées de 6m de betteraves, répétée 4 fois pour chaque modalité. Le taux de sucre a pu être mesuré grâce à un partenariat tissé avec la raffinerie Tirlemontoise.

Nous avons observé une meilleure levée dans la modalité SD (82 400 plantes/ha) comparé à la modalité TCS (72 200 plantes/ha). Le résultat est habituellement inverse, la levée étant souvent un des points faibles du SD. Ce résultat montre bien que la décision de semer en direct était la bonne. En effet, les repousses de lin de la parcelle ont impacté le travail du sol et perturbé le contact terres-graines du semoir. En semis direct, ce problème n'a pas été noté car le couvert est resté en surface et s'est dégradé lentement tout au long de la culture, protégeant le sol quand la betterave ne recouvrait pas le rang.

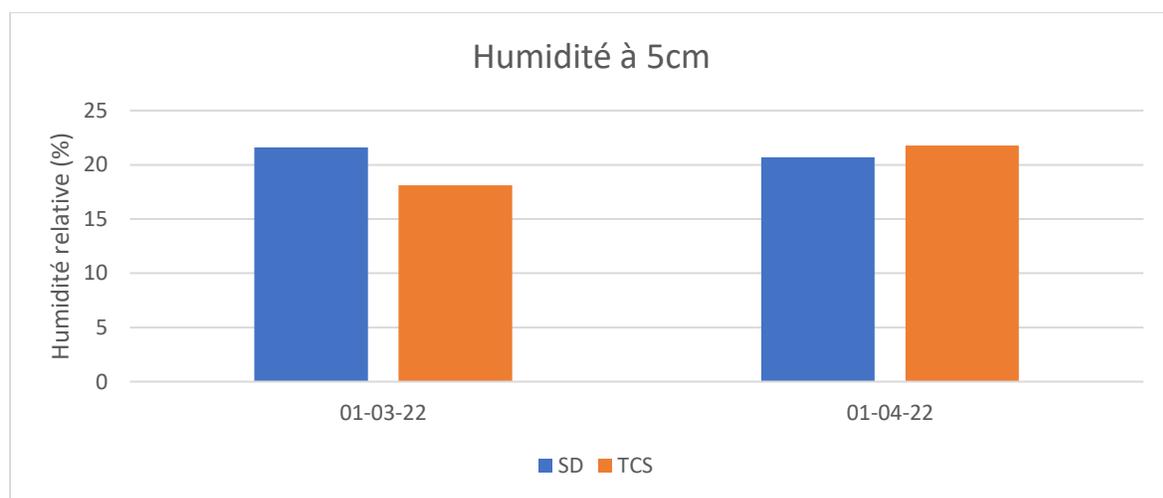


Figure 42 : Humidités mesurées à 5cm à différentes dates

L'humidité mesurée à 5 cm montre que le semis direct permet de mieux garder l'humidité au moment du semis et permet ainsi de sécuriser le semis et la germination. Ceci peut expliquer en partie le meilleur taux de levée de la modalité SD. Habituellement, le semis direct souffre d'un manque de réchauffement (la température était plus faible au moment du semis) mais la situation induite par le changement climatique,

avec des printemps plus chauds et plus secs, semble donner un avantage au semis direct. En revanche, concernant la deuxième date, peu de différences sont observées, probablement suite à une pluie qui aurait homogénéisé les deux modalités. A noter que cette parcelle fait partie de l'étude présentée dans l'Etude de l'humidité du sol en fonction du mode d'implantation des cultures (2.3.4)

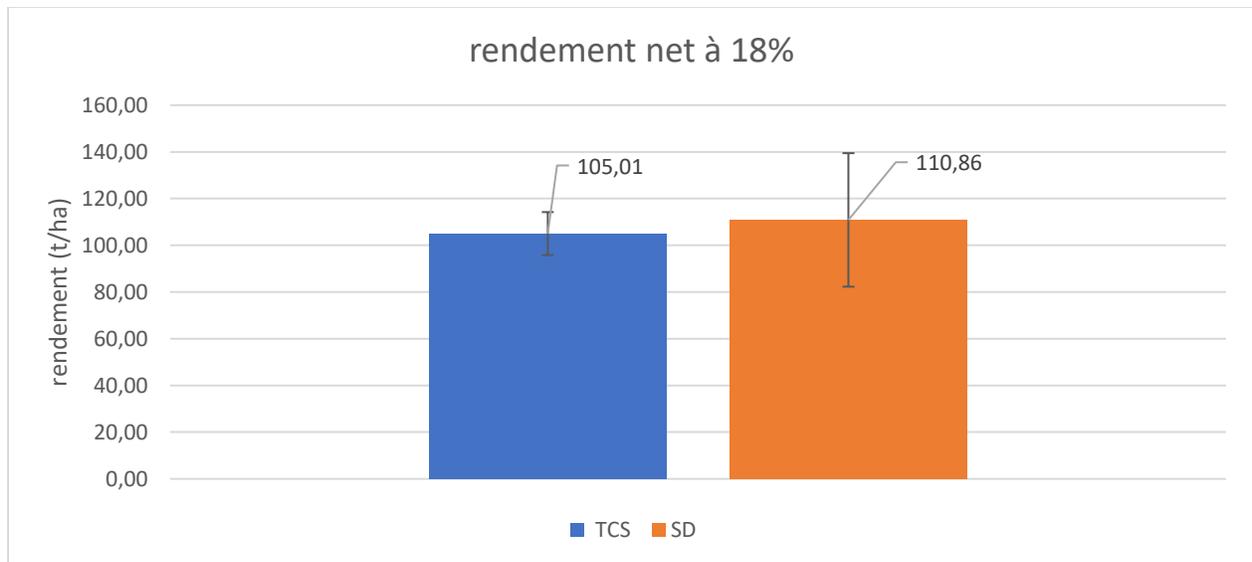


Figure 43 : Rendement net sans tare à 18% selon les modalités

Le rendement moyen suit les comptages de levée, à noter toutefois que des attaques de limaces ont été constatées en bordure de la bande fleuries, ce qui a causé des trous dans la parcelle avec parfois des racines de betteraves très grosses, ce qui peut compliquer la récolte.



Figure 44 : Photo aérienne de la parcelle représentant les dégâts de limace

C'est sûrement ce phénomène qui explique en partie l'hétérogénéité importante au niveau des écarts de rendement de la modalités SD. Cela dit, les rendements moyens sont plus élevés en semis direct (de 5 tonnes en moyenne), ce qui donne un avantage non négligeable à la technique dans ce contexte précis. Ces résultats sont la cause d'un poids plus élevé d'un côté mais aussi d'une richesse en sucre plus grande dans la moyenne des prélèvements. On ne peut cependant tirer plus de conclusion puisque ces résultats sont non significatifs. Ils sont toutefois encourageants et nous montrent le potentiel grandissant de la technique, qui, quand elle est maîtrisée, peut s'avérer efficace.

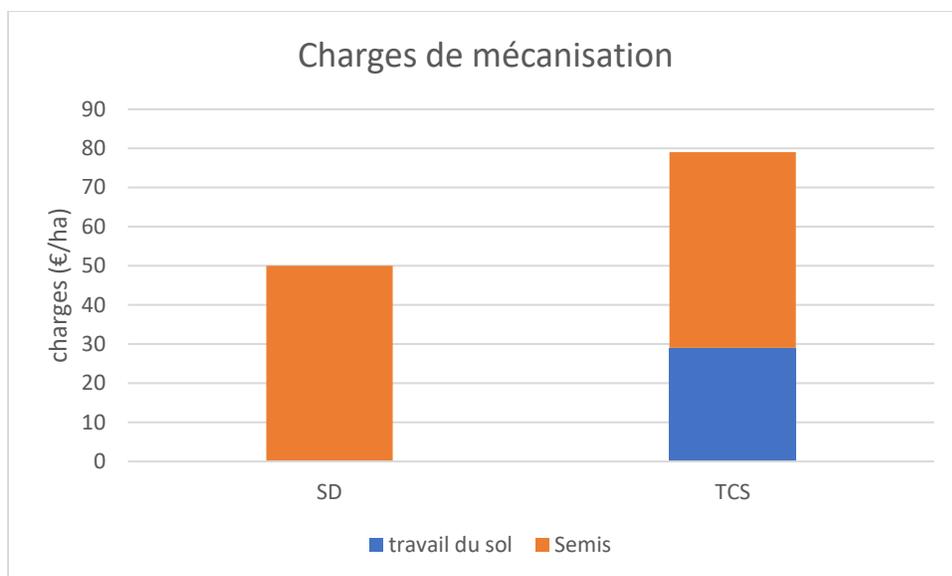


Figure 45 : Charge de mécanisation pour le semis

Le niveau des charges de mécanisation de l'agriculteur est déjà considéré comme plutôt bas du fait de la faible intervention mécanique au printemps. Les interventions de l'automne n'ont pas été prise en compte car elles ont été similaires pour les deux modalités. Ici, le semis direct permet une économie de 30€/ha dans cette parcelle. Cette charge est souvent bien plus élevée dans les fermes wallonnes, avec bien souvent plusieurs passages et un affinage des terres plus élevé.

### Conclusion

La réduction du travail du sol en betterave est prometteuse et permet de répondre à de nombreuses problématiques de la culture. On voit bien que de nombreux éléments restent à tester et affiner afin de conseiller aux mieux et de limiter les risques. C'est notamment le cas de la gestion du couvert. Cependant, certains essais nous montrent bien l'intérêt de la méthode et les bénéfices sur le système. D'autres essais sont nécessaires pour valider la technique notamment en semis direct qui demande une technicité supérieure. La réduction du travail du sol est toutefois une bonne piste pour atténuer les effets négatifs de la culture, à conditions de gérer correctement la couverture du sol. Dans ces essais, nous cherchons l'optimum entre biomasse du couvert (effet positif sur la structure du sol) et effet négatif sur le rendement. Ainsi, nous revenons à nos fondamentaux et mettons en évidence les conséquences d'une destruction trop tardive des couverts.

### Perpectives

La gestion du couvert en TCS doit se réaliser bien en amont du semis de la betterave. L'idéal est que le couvert soit détruit 3 semaines - 1 mois avant l'implantation de cette dernière. Plus le couvert est détruit proche du semis de la betterave plus il faudrait apporter un engrais starter pour combler cette faim d'azote créée par la transformation du couvert. Le manque de levée et la faim d'azote dû à un couvert détruit tard est d'autant plus marqué lors de printemps sec et chaud comme celui en 2022. Dans notre essai betterave de 2021 on voyait moins ces différences qui finalement ont un impact sur le rendement.

### 2.3.2 Semis direct de haricots

#### Objectifs

La culture du haricot souffre de plus en plus du climat sec lors du semis tardif et sec. C'est aussi une culture sensible à l'érosion du fait du fort travail du sol pour préparer le lit de germination.

Cette culture est également impactée par la pression de l'industrie. En effet, certaines usines, pour assurer leur approvisionnement et éviter les résidus, imposent un labour, ce qui peut poser des problèmes de fertilité et de structure à long terme, entre autre de capacité de rétention de l'eau.

L'autre problème de la culture de haricots est le poids des machines et la compaction qu'elles causent. Notre objectif est donc de réduire l'impact de la compaction par une meilleure portance du sol.

#### Dispositif expérimental et protocole

La parcelle d'essai se trouve à Brugelette dans la province du Hainaut. La parcelle a été implantée avec un couvert de choux fourrager, vesce commune, phacélie et trèfle d'Alexandrie dans lequel nous sommes venus sursemer du seigle dans le but de faire un mulch de couvert avant les haricots.

Le but étant de tester la réduction du travail du sol et l'optimisation des couverts végétaux, nous avons décidé de tester plusieurs modalités avec ces objectifs croisés. Elles sont présentées dans le plan suivant.



Figure 46 : Etat du couvert avant le pâturage

		16,8 m		2,7 m	11,1 m		5,4 m
		Nmin		Norga	Norga		OUN
65 m	exporté	glypho		seigle			
		sans glypho					
10 m		sans glypho					
10 m		sans glypho					
65 m	roulé	glypho					
		sans glypho					

Figure 47 : Plan de l'essai

## Résultats et interprétation



Figure 48 : pâture du couvert par les moutons

La parcelle a été pâturée en début de printemps pour la destruction du couvert, et ce afin de faciliter l'assimilation de ce dernier par les haricots dans la partie exportée. Nous avons aussi remarqué l'impact positif du passage des moutons sur la structure du sol, le but était aussi de faciliter l'implantation en semis direct.

La structure du sol était vivante avec la présence de vers de terres et une structure favorable au semis direct. Une petite zone de compaction était présente mais qui ne gênait pas le passage des racines, en témoigne la présence de racines du couvert. Toutes les conditions de réussite du semis direct semblaient donc être réunies.



Figure 49 : Structure du sol de l'essai

Finalement, l'essai a été abandonné au moment du semis, à cause d'un refus de la part de l'usine de prendre le risque de semer dans des résidus. L'agriculteur a été contraint de labourer pour garder son contrat.

## Conclusion

De l'énergie a été mise dans cette essai à tester la faisabilité technique et agronomique de la technique de la réduction du travail du sol en culture de haricots. L'essai a été mis en place et suivi afin de minimiser les risques causés par la réduction du travail du sol. Cependant, au moment de semer, nous nous sommes rendu compte que le principal frein venait de l'industrie qui a un besoin de sécuriser ses approvisionnements. Ce maillon avait été minimisé lors de la mise en place de l'essai. Des travaux sont actuellement en cours dans ce sens et deux essais ont été mis en place pour l'année prochaine en collaboration avec l'entreprise Ardo.

### 2.3.3 Buttes d'automne en pommes de terre

#### Objectifs

L'idée de départ des buttes d'automne était d'effectuer un travail du sol lorsque la vie du sol est au repos afin d'en diminuer l'impact négatif. Ainsi, le but est de diminuer les problèmes d'érosion dans les buttes de pommes de terre, maximiser la biomasse de l'interculture, booster la fertilité mais aussi améliorer le

bilan de la pomme de terre et son impact pour la culture suivante (diminution du tassement notamment). Des essais de semis direct dans ces buttes ont été réalisés afin de pousser au maximum les intérêts de la technique.

### Dispositif expérimental et protocole

La parcelle se situe à Labliau dans la province du Hainaut.



La parcelle était homogène avec une bande en tournière un peu différente qui n'a pas été incluse dans l'essai.

Figure 50 : Type de sol et homogénéité de la parcelle

L'essai a été semé avec un couvert différent de l'agriculteur : Phacélie 4kg/ha, Trèfle Incarnat 8kg/ha, tournesol 14kg/ha, froment 50kg/ha. Le couvert s'est peu développé et n'était pas assez équilibré. Il manquait vraisemblablement une plante à forte biomasse d'automne (type Tournesol ou Phacélie).

Pour l'essai ici nous avons testé plusieurs modalités. Tout d'abord un témoin sans buttes (Sans BA) a été semé avec le même couvert le même jour. On a ensuite deux modalités de buttes d'automne, où les buttes ont été faites après le semis du couvert avec la planteuse. A noter qu'un travail avec un chisel a été nécessaire pour créer un volume de terre suffisant pour faire les buttes. L'unique différence entre les deux modalités de buttes d'automne est la date de destruction du couvert, dans la modalité BA1 le couvert a été détruit 1 mois avant la plantation des pommes de terre, dans la modalité BA2 le couvert a été détruit 1 semaine avant la plantation. Le couvert de la modalité sans butte d'automne a été détruite avec un disque 1 mois avant la plantation. Il y a eu en tout 12 m de buttes d'automne (divisé en deux) et 12 m sans buttes d'automnes. L'essai a été semé selon le plan suivant :

12m	9m	3m	
témoin	prébutte d'automne glypho 19 mars	prébutte automne glypho 1 mois avant semis	fourrière



Figure 51 : Plan de l'essai



Figure 52 : Chisel utilisé pour reprendre les buttes, Figure 53: Passage de planteuse dans les buttes et Figure 54 : Buttes après plantation

La plantation des buttes d'automne a été faite comme illustré sur les photos, avec un passage de chisel pour reprendre les buttes suivi du passage de la planteuse avec la rotative.

## Protocole

Sur l'essai différentes mesures ont été réalisées :

Un comptage de Mycorhize, réalisé par l'UCLouvain selon la méthode MC Gonigle (McGonigle, 1990). 3 échantillons par modalité de plusieurs racines secondaires ont été envoyés au laboratoire.

Le rendement a été mesuré à l'aide de 4 échantillons de 0.75cm (une butte) sur 6m de long.

La mesure du calibre a été réalisée en prenant les échantillons de 2 répétitions par modalités en prenant en compte les calibres commerciaux avec les grilles de calibrage de la FIWAP.

## Résultats et interprétation



Figure 55 : Butte d'automne le 31/05/2022



Figure 56 : Buttes classiques le 31/05/2022

Les buttes d'automne comportent encore de nombreux résidus à la plantation avec une meilleure porosité de surface. L'humidité à la plantation y était aussi préservée. A la vue de ces photos on peut s'attendre à un meilleur résultat au niveau de l'érosion en cas de grosse pluie, ayant été présent lors d'un orage, nous

avons pu constater visuellement une meilleure infiltration dans la partie buttes d'automne. Malheureusement ce genre d'observation ne pourra pas être chiffré, des essais ont déjà été mis en place par le passé mais sont assez aléatoire et complexe à mettre en place, de plus le dispositif de récolte d'érosion cause lui même parfois un biais ce qui rend l'interprétation très complexe.

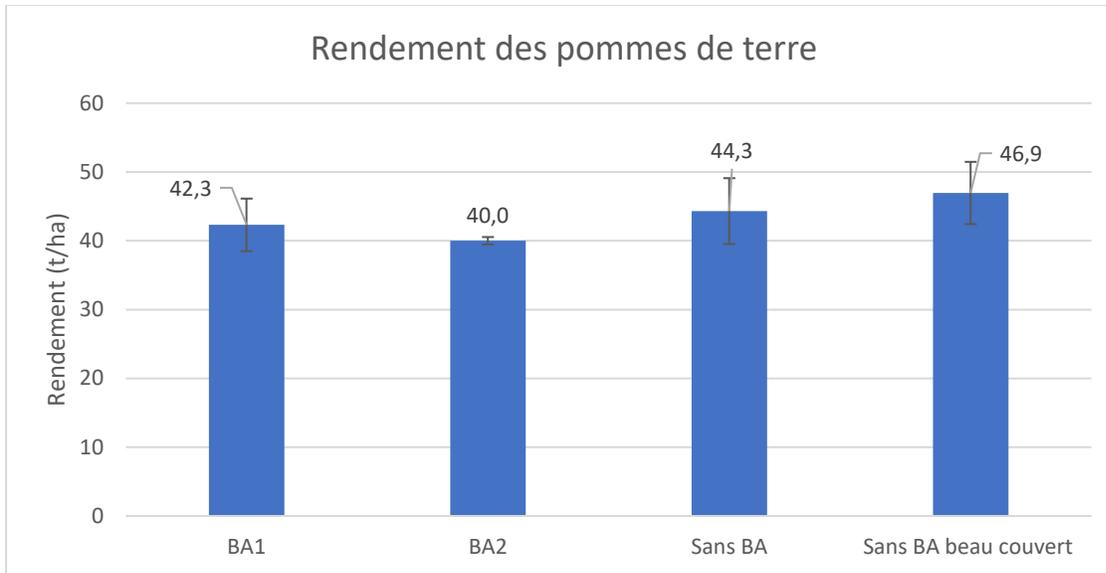


Figure 57 : Rendement de pommes de terre en fonction des modalités

Les résultats obtenus des buttes d'automne ici sont décevants comparés aux attentes, elles n'ont pas permis d'obtenir un rendement suffisant (- 2 tonnes/ha). En effet les essais précédents nous montraient presque systématiquement un rendement équivalent voire supérieur en butte d'automne retravaillée. Ici le semis direct n'était pas possible du fait de la mauvaise structure mais surtout de l'équipement de l'agriculteur (butte en 75cm et écartement des essieux non adapté). L'hypothèse la plus probable qui pourrait expliquer la différence de rendement est le développement du couvert. En effet la faible production de ce dernier n'a pas permis au couvert de travailler suffisamment la butte. Ici la modalité témoin correspond à un semis en TCS après un beau couvert détruit en même temps que la première destruction (1 mois avant plantation).

Malgré des résultats non satisfaisants, cet essai s'est tout de même révélé instructif. En effet nous observons un effet négatif de la destruction tardive du couvert sur le rendement de la pomme de terre. Dans ce cas-ci, une perte de plus de 2 tonnes pour un couvert détruit 3 semaines plus tard. Les effets bénéfiques du couvert qui a fait plus de biomasse du fait de sa destruction plus tardive seront visibles à long terme sur le système mais on plutôt un effet négatif à court terme. L'autre enseignement important est au niveau du couvert, en effet ici le témoin montre un rendement plus important avait une biomasse plus élevée et un couvert plus développé. On suppose donc qu'un couvert plus développé a favorisé la structure du sol étant donné son système racinaire et à améliorer l'activité biologique du sol. Les arrière-effets du couvert au niveau de la disponibilité des éléments nutritifs n'est pas visible à 100% pour la culture mais il est aussi probable qu'une partie de l'azote et des autres éléments captés par le couvert aient été restitués à la culture. Ce couvert avait été détruit 1 mois avant, soit suffisamment tôt pour ne pas avoir d'effets négatifs sur la culture.

Un échantillonnage avait été réalisé le 7 juillet pour évaluer la cinétique de croissance, les mêmes résultats ont été observés en tendance, mis à part au niveau de la modalité BA2 qui avait les mêmes rendements que la modalité BA1, la destruction tardive du couvert a donc potentiellement eu un impact sur la disponibilité des éléments en fin de cycle.

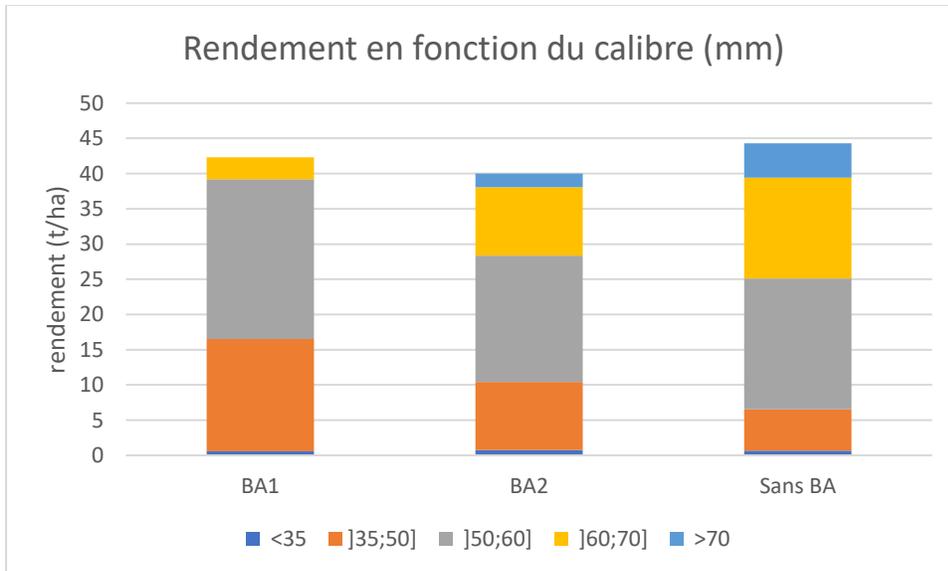


Figure 58 : Calibre des pommes de terre selon les modalités

Ensuite lorsque l'on compare les calibres, on observe une meilleure proportion de 35-50mm en buttes d'automne comparé au témoin. Ce résultat peut être intéressant lorsque l'on a un débouché plus intéressant pour ce calibre, ce qui peut être le cas pour le marché du frais.

Or ici et principalement en Belgique le débouché principal est plutôt industriel. Dans ce cas le calibre est peu important bien que les gros calibres soient plutôt recherchés. On remarque alors que la proportion de gros calibre est plus importante sans buttes d'automne, ce qui explique aussi en partie le rendement plus important. La diminution du rendement en buttes d'automne semble venir du plus faible calibre obtenu. La minéralisation et le réchauffement dans la butte est peut-être moins importante ce qui induit une pomme de terre plus petite et un rendement plus faible.

Des mesures de mycorhization ont été effectuées dans la modalité butte d'automne comparativement à des modalités de biostimulant à la plantation, les résultats sont détaillés à la partie 3.2.2 Biostimulant en starter en maïs et pdt .

## Conclusions

Le couvert semé en buttes d'automne n'étant pas assez développé, les racines du couvert n'ont pas travaillé suffisamment le sol pour avoir une structure et une porosité suffisante pour la pomme de terre. L'optimum serait donc de semer son couvert assez tôt avec les bonnes espèces (espèces gélives à forte biomasse d'automne et espèces non gélive qui couvrent le sol au printemps évitant la prise en masse de ce dernier) et de le détruire impérativement 1 mois avant plantation, afin d'obtenir de bonnes conditions de plantation et de développement des pommes de terre :

- Une bonne production de biomasse du couvert favorisant la porosité et améliorant la structure du sol.

- Un effet bénéfique du couvert sur la pomme de terre en évitant les faims d'azote et permettre une bonne dégradation des résidus.

Le moins bon résultat des buttes d'automne laisse penser à un manque de nutriments en fin de cycle, la destruction du couvert est une piste d'amélioration, auxquels cas un apport de nutriments et d'azote en particulier pourra être nécessaire en compensation. La destruction tardive du couvert doit être réservée en cas de plantation en direct dans la butte (uniquement si la structure est bonne).

### 2.3.4 Etude de l'humidité du sol en fonction du mode d'implantation des cultures

#### **Objectifs**

L'objectif principal de cette étude est d'objectiver les observations que nous réalisons sur le terrain lors d'événement sec, à savoir une meilleure résistance à la sécheresse et une meilleure nutrition hydrique des cultures implantées sans labour. En effet Nous observons plus grande une résilience des cultures de printemps dans les parcelles qui avait eu un travail du sol plus faible. Cette différence étant encore plus marquée sur les feuillages lors des implantation en du semis direct.

#### **Dispositif expérimental et protocole**

Nous avons choisi 3 parcelles différentes dans chaque modalité éloignée au maximum de 3 kilomètres avec les mêmes types de sol afin d'avoir des situations de pluviométries et de sol équivalentes. Ainsi c'est plutôt le système de culture qui est comparé.

Les parcelles sont représentées ci-dessous.

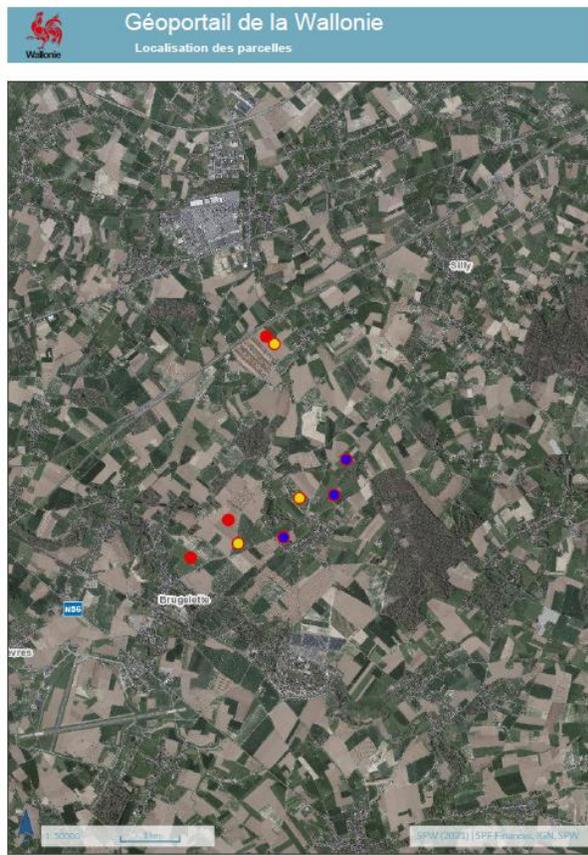


Figure 59 : Localisation des parcelles

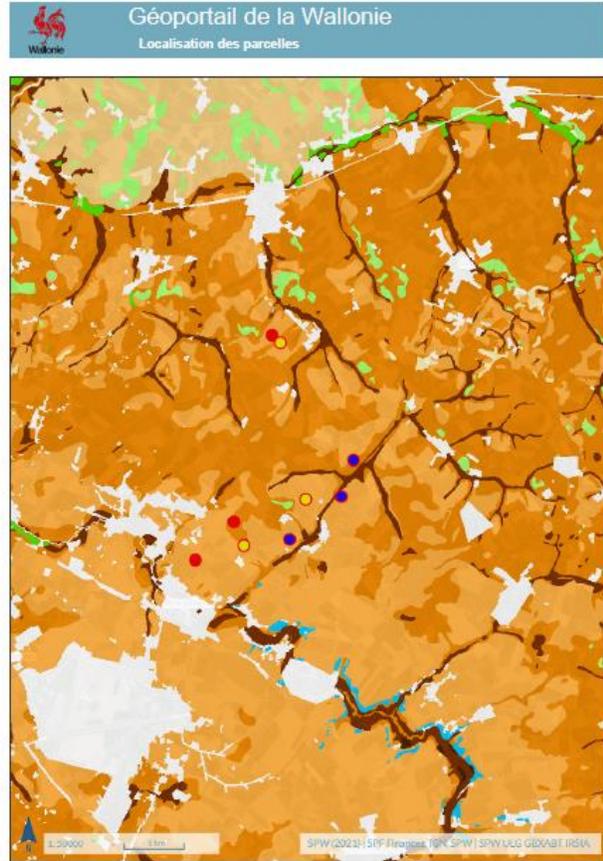


Figure 60 : Localisation des parcelles en fonction du type de sol

Les parcelles en rouge sont en SD, celles en jaune en TCS et celles en bleu en labour.

l'humidité a été mesurée à 5cm à l'aide d'une sonde d'humidité Delta-T SM150. Nous avons ainsi effectué 8 mesures différentes dans chaque parcelle

Les mesures ont été faites le 19 juillet 2022 durant un le pic de chaleur (35°C à 14h le jour des mesures), les parcelles ont été faites de façon aléatoire afin de ne pas créer de biais de mesures liées aux horaires. Les mesures ont été faites en 3h de temps pour limiter ce biais.

### Résultats et interprétation

Avec ces résultats nous avons ainsi pu faire des statistiques pour comparer chaque mode de culture.

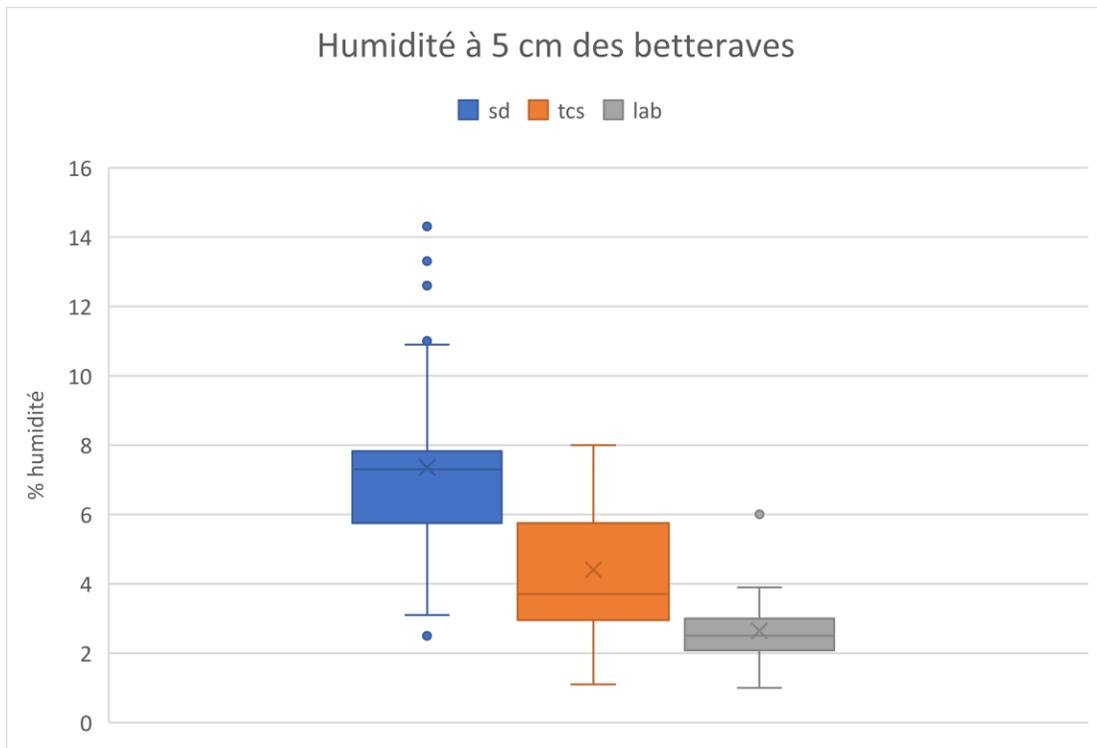


Figure 61 : Pourcentage d'humidité à 5 cm de profondeur selon les systèmes

Le graphique ci-dessus confirme nos observations de terrain. Le semis direct permet de maintenir significativement plus d'humidité dans le sol que le labour et le TCS, qui lui permet aussi et de façon significative d'avoir plus d'humidité qu'en labour. Ces données sont encourageantes et ouvrent des pistes d'amélioration de la résilience des modes de cultures. Cependant les différences ne sont pas énormes et le semis direct permet de passer de 2% à 8% d'humidité (x4) mais reste à des valeurs assez basses. C'est toutefois une différence qui peut permettre à la plante d'être moins stressé et donc potentiellement moins sensibles aux maladies et ravageurs.



Figure 62 : Parcelle en SD



Figure 64 : Parcelle en TCS



Figure 63 : Parcelle en labour

## Conclusions

L'étude a permis de confirmer de façon chiffrée nos observations de terrain. Nous avons obtenu presque 4 fois plus d'humidité dans les parcelles en semis direct comparativement à un labour. Ces résultats confirment l'intérêt de la réduction du travail du sol sur le maintien de l'eau dans les sols. Les résultats sont cependant à relativiser au vu de la faible humidité du sol même en semis direct, cependant cette différence a permis aux plantes de ne pas flétrir et donc a réduit le stress hydrique et les conséquences néfastes qu'il a pu causer.

Il est à noter que conjointement voir prioritairement à une réduction du travail, c'est l'amélioration de la structure (porosité) du sol qui est à rechercher, afin de faciliter au maximum l'enracinement des cultures.

### 2.3.5 Strip-till en chicorée

#### Objectifs

L'objectif de l'essai est de tester la réduction du travail du sol en chicorée afin de conserver au maximum l'humidité et la portance du sol tout en maintenant des rendements élevés.

L'objectif secondaire est de sécuriser l'implantation (limiter les risques pour l'agriculteur) tout en ayant une action sur la préservation de la structure et de la vie du sol dans un objectif avec une vision long terme du système.

### Dispositif expérimental et protocole

Cette partie est détaillée dans le chapitre 0.

### Résultats et interprétation

#### Levée

La mesure a permis de mettre en avant la moins bonne levée des chicorées dans la modalité strip-till. En effet lors du passage du strip-till rotatif (machine empruntée à l'entreprise *Cosucra*) le semis n'a pas pu se faire en même temps pour des questions techniques de réglages et d'entre-axes de machines. Le semis a dû se faire en deux fois sans système de guidage, le semoir n'a donc pas semé dans le rang de façon régulière et certaines semences étaient en dehors de la zone travaillée par le strip-till. Cette différence de levée peut être expliquée par ce facteur. Pour avoir un rendement suffisant il faut viser une levée de 130 000 plantes/m<sup>2</sup> selon l'IRBAB. La levée en strip-till est donc insuffisante.

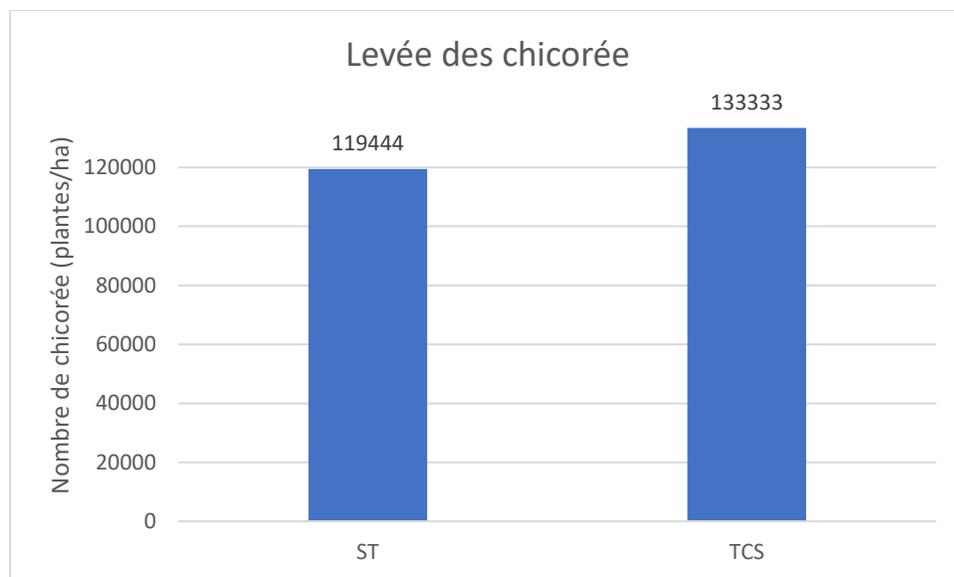


Figure 65 : Levée des chicorées le 26/04/22

#### Humidité

L'humidité à 5 cm a permis de mettre en évidence le maintien de l'humidité par la réduction du travail du sol. En effet lorsque l'on regarde l'humidité du strip-till dans la ligne de semis, elle est presque équivalente au semis en TCS puisque le niveau de travail est presque similaire, le travail du sol a fait évaporer une partie de l'eau du sol. En revanche, lorsque l'on regarde l'humidité en interligne (sans travail du sol) on augmente d'environ 7% le taux d'humidité comparativement au sol travaillé. On observe aussi qu'un mois après l'humidité présente sur l'inter rang a migré dans le rang de chicorée, ainsi l'humidité que l'on a pu sauvegarder a pu profiter à la chicorée. Le strip-till exerce une influence positive sur le maintien de l'humidité même dans le rang travaillé et peut s'avérer bénéfique en cas de sécheresse.

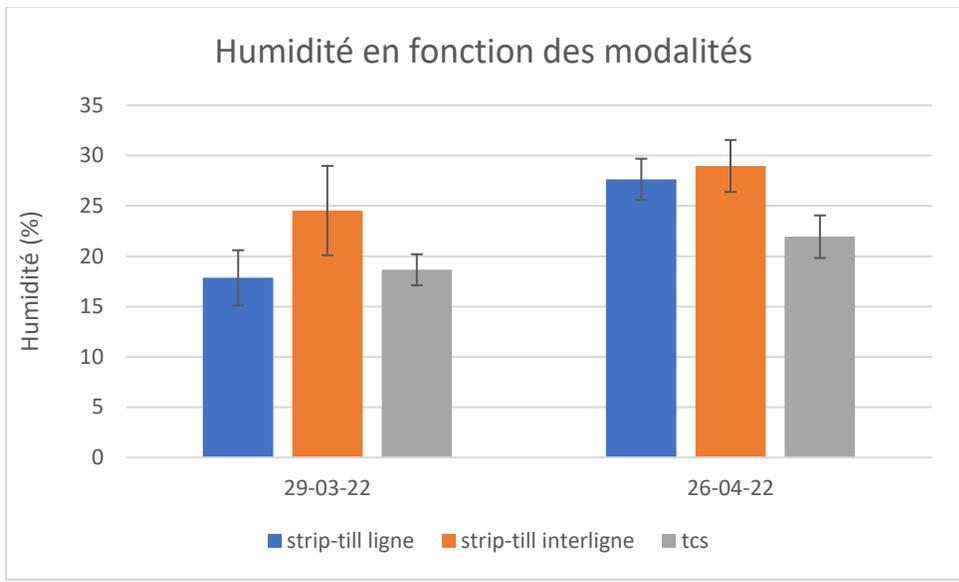


Figure 66 : Humidité à 5cm en fonction des modalités à différentes dates

**Rendement**

La mauvaise levée des chicorées implantées en Strip-till a logiquement exercé une influence sur le rendement. La réduction du travail du sol a diminué de 20 tonnes/ha le rendement de la chicorée. Dans ces conditions de semis assez aléatoire le strip-till ne s’est pas montré assez précis pour permettre un bon semis. Un sol avec une meilleure structure aurait sûrement permis un meilleur rendement. La perte de plantes à la levée a été trop préjudiciable pour avoir un rendement suffisant. Cependant le rendement obtenu reste assez bon et montre les bons rendements qu’a permis l’année culturale.

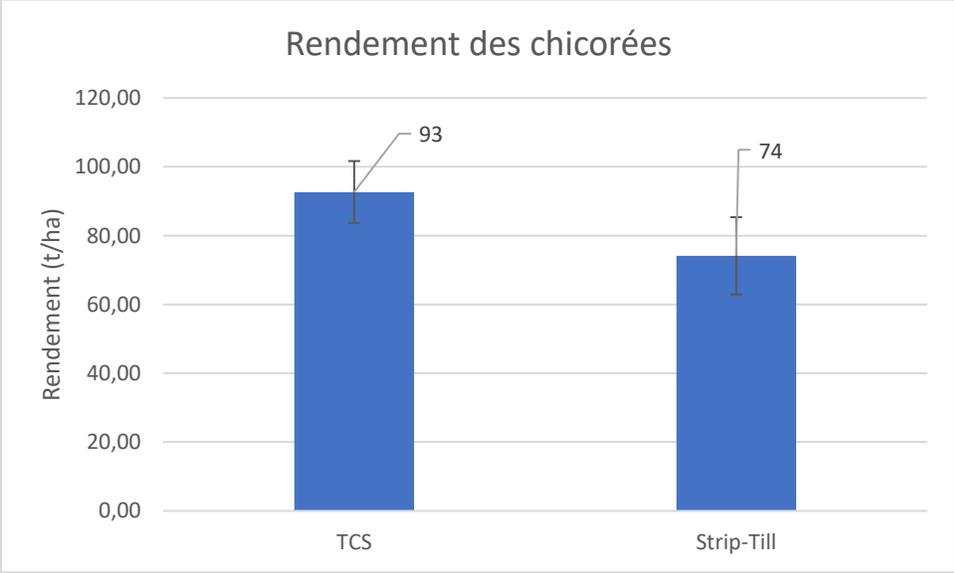


Figure 67 : Rendement des chicorées

## Conclusions

La mauvaise germination dû aux difficultés de semis dans le rang travaillé par le strip-till a été trop préjudiciable pour le rendement. A l'avenir, il faudra veiller au bon déroulement du semis soit en utilisant un strip-till plus adapté soit en utilisant le même tracteur pour suivre les rangs par guidage GPS. Ces solutions permettraient un semis plus précis afin d'assurer la bonne préparation du lit de semence.

Ici le meilleur taux d'humidité en strip-till n'a pas permis de compenser les pertes de rendements. Il est donc nécessaire de recommencer l'expérience avec les acquis des années passées. En effet une bonne levée avec un meilleur taux d'humidité peut donner lieu à de meilleurs rendements ou alors à une meilleure résistance de la culture face à son environnement par la diminution du stress hydrique.

Des essais de différents strip-till devrait -être proposé pour l'année à venir.

## 3 Diminution des intrants chimiques (PPP et engrais)

### Contexte

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

Ce chapitre se focalise sur :

- L'association culturale, avec pour objectif de réduire la dépendance aux insecticides ;
- L'emploi de substances alternatives aux produits phytosanitaires.

### 3.1 Plantes compagnes

#### Hypothèses

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

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

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

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

Plus particulièrement dans le cadre de ce chapitre, lorsque la culture principale est mélangée à d'autres espèces, elle se rend moins attractive vis-à-vis des insectes ravageurs. Les odeurs de la culture-cible sont

mêlées à celles des plantes compagnes et celles-ci peuvent constituer des freins physiques à la dissémination des ravageurs et maladies. Enfin, des plantes compagnes adéquatement choisies peuvent attirer les auxiliaires des cultures comme les ennemis naturels des ravageurs, précocement et durablement au cours de la saison.

### 3.1.1 Colza associé à un couvert gélif avec mélange de variété

#### Objectifs

Au printemps, les méligèthes sont le principal ravageur du colza. des solutions chimiques existent mais peuvent s'avérer délétères pour les insectes auxiliaires voire peu efficaces en cas de forte pression du ravageur. Cet essai avait donc pour but de trouver une solution agronomique naturelle à la gestion de ces ravageurs. Elle se traduit par un mélange plusieurs variétés de colza a floraison différente mais à maturité équivalente. Les objectifs ont alors été multiples :

- Evaluer l'impact d'un mélange de variété sur les méligèthes
- Evaluer les différences de maturité d'un mélange de variété.
- Obtenir des variétés à floraison décalée afin de minimiser les risques abiotiques
- Objectifs arrivés en cours d'essai : évaluer l'efficacité d'un mélange de variété sur le Sclérotinia (impasse fongicide)

#### Dispositif expérimental et protocole

La parcelle d'essai est située à Givry dans le Hainaut, dans une terre entouré d'un bois. La terre est plutôt sableuse et séchante.

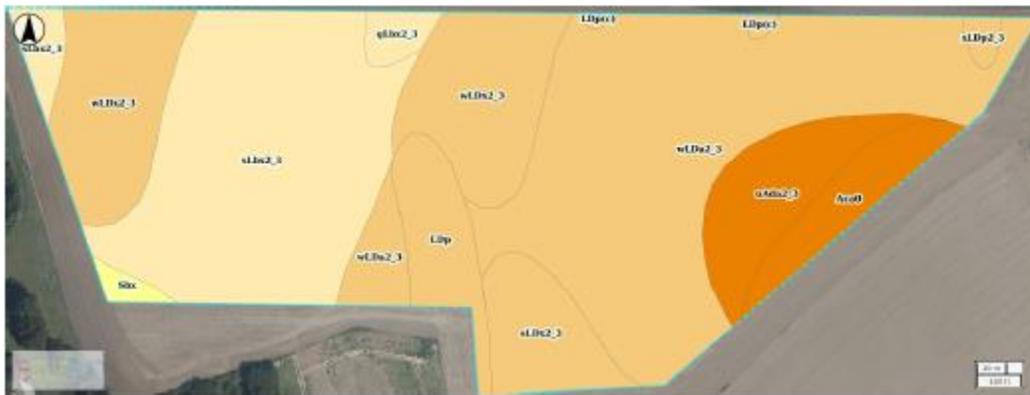


Figure 68 : Carte des sols de l'essai

Le colza associé a été semé début septembre, plus tard que prévu vu le retard pris dans les moissons et le contexte humide de l'année 2021. Le colza a été semé avec trèfle d'Alexandrie, des lentilles et des féveroles, 3 légumineuses gélives. dans la lutte contre les insectes d'automne.

Les variétés utilisées sont :

-Harome une variété de la firme KWS Momont, mi-précoce à maturité et mi tardive à floraison. C'est aussi une variété résistante à l'élongation automnale. Elle est aussi très peu sensible au phoma et à la verse.

-DK Expectation, une variété de la firme Bayer, mi précoce à maturité et précoce à floraison. Elle est aussi résistante à l'élongation à la verse et très peu sensible au phoma.

-ES Alicia (5% du mélange) de chez Euralis Semences, qui est une variété peu productive mais qui a une floraison très précoce. Elle est présente afin d'attirer les mégigèthes et de les forcer à polliniser ses fleurs plutôt que de faire avorter les boutons floraux des variétés de rentes.

Le colza a été semé en non-labour après un passage de chisel et un semis à la rotative-semoir.

Afin de tester l'efficacité du mélange sur les mégigèthes et étant donné leur mobilité, nous avons cherché des parcelles de colza proche de la parcelle d'essai avec les mêmes orientations et les mêmes vents dominants. Et ceci afin de comparer les effets sur les mégigèthes. Nous avons sélectionné 2 parcelles situées à maximum 1km d'écart de la parcelle d'essai et nous avons comparé la présence des mégigèthes.



Figure 69 : Localisation des parcelles

Une bande sans fongicide a aussi été testée.

Le fongicide utilisé ici était du Cantus à 0,5kg/ha, un fongicide de la famille des SDHI.

### Protocole

Plusieurs indicateurs ont été mesurés dans cette essai :

-Comptage de mégigèthes qui a eu lieu le 14 avril, date où les mégigèthes ont fait leur apparition. Nous avons compté le nombre de mégigèthe par plantes sur 40 plantes prise au hasard dans la parcelle. Pour la parcelle d'essai nous avons différencié les variétés en fleurs (ES Alicia) des variétés de rentes dans le comptage.

-le rendement du colza : il a été mesuré avec la moissonneuse batteuse de l'agriculteur en pesant à l'aide d'un big bag et d'un peson sur une surface donnée et mesurée. La récolte a eu lieu le 11 juillet.

### Résultats et interprétation



Figure 70 : Floraison du colza précoce sur l'essai

Les comptages de méligèthes ont eu lieu lorsque les premiers vols sont arrivés. Cette période a parfaitement correspondu à la floraison de la variété précoce ES Alicia, ceci a déjà été remarqué et prouvé dans nos essais. L'idée du mélange de variété ici était d'étaler la floraison pour limiter les risques de boutons avortés car en cas de forte pression du ravageur, et de climat qui retarde la floraison, la variétés Alicia ne fleurit pas assez tôt pour que le ravageur ait assez de fleurs à polliniser. La photo ci-contre prise dans la parcelle d'essai montre bien le phénomène de floraison plus précoce.



Figure 71 : Plantes compagnes non gelées sous le colza

Sur la photo ci-contre on observe bien que les plantes compagnes (trèfle d'Alexandrie en majorité sur la photo) n'ont pas été détruit avec le gel (semis tardif et hiver doux). Le colza étant bien monté, il ne souffre pas de la concurrence avec le trèfle qui est resté au sol, surement calmé par le gel ou les apports de digestats qui ont plutôt favoriser le colza. Ainsi la décision a été prise de ne pas intervenir chimiquement sur ces espèces qui n'ont pas concurrencé le colza.

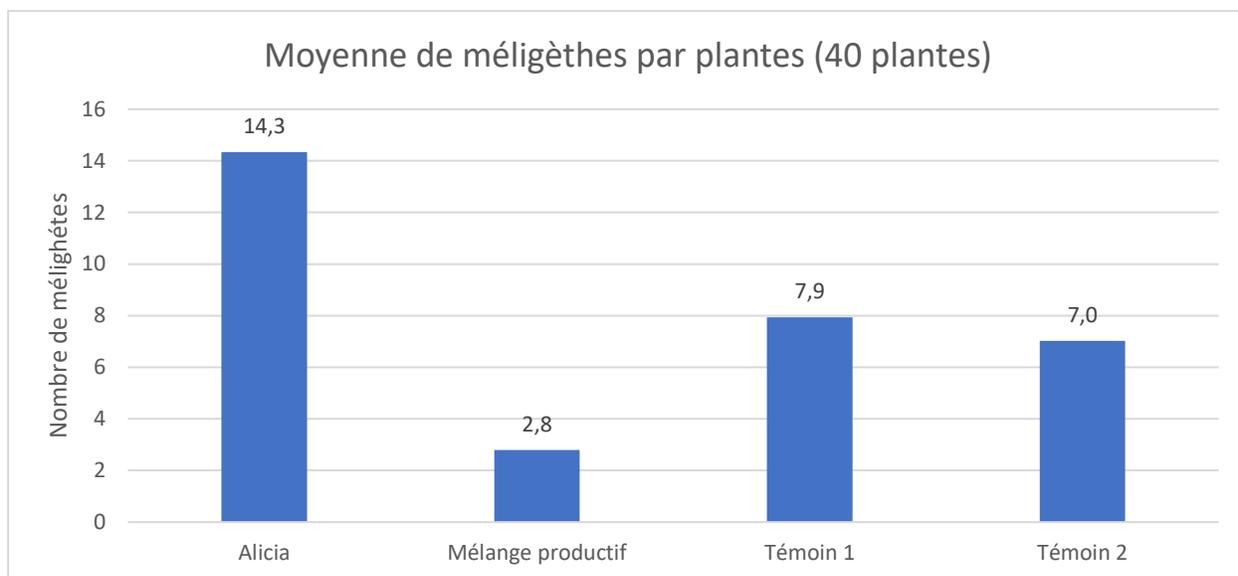


Figure 72 : Comptage de méligèthe en comparaison avec les parcelles témoin

Le graphique ci-dessus montre le nombre moyen de méligèthes par plante, le seuil d'intervention est d'environ 4 à 6 méligèthes par plantes en fonction de la vigueur de ces dernières. On remarque que sur la parcelle d'essai le nombre de méligèthes est resté en dessous du seuil d'intervention sur le mélange productif et que sur la variété Alicia (colza fleuri) en revanche le nombre de méligèthe est bien au-dessus du seuil. Ceci est signe que le ravageur est devenu un pollinisateur, le méligèthe a préféré se nourrir du pollen des fleurs ouvert, que piquer les boutons floraux et les faire avorter, le ravageur dépense en effet moins d'énergie pour se nourrir. On voit aussi que sur les deux parcelles témoins (les comptages ont été fait uniquement sur les colzas non fleuris) le seuil a été dépassé dans les deux cas et un traitement insecticide a eu lieu. La technique de la floraison précoce a encore une fois fait ses preuves et a permis d'éviter un ou plusieurs insecticides et leurs impact négatifs.



Figure 73 : Différences de maturité dans les colza

A savoir que la variété Expectation commençait à entamer sa floraison et a aussi sûrement joué un rôle dans la réduction de l'impact du ravageur sur la culture.

La photo ci-contre illustre le colza lors de la récolte, on peut voir que la maturité est bonne et qu'on observe très peu de différence entre les variétés. Ces différences sont tout de même à vérifier et à confirmer car comme on peut le voir sur la photo une variété était plus verte que le reste avec

quelques siliques encore humide et non pleinement mature. Ces différences n'ont pas eu d'effet sur la qualité du grain et son humidité.

Lors de la moisson, le trèfle était bien présent sous le colza et a joué son rôle de couvert relais, le sol était couvert à la récolte du colza. Certaine fèverole était encore aussi présente et ont été semé par la

moissonneuse. L'état des plantes compagnes à la moisson nous ont réconforté dans notre choix de ne pas intervenir chimiquement dans leur régulation.



Figure 74 : Trèfle d'Alexandrie sous les colzas à la récolte

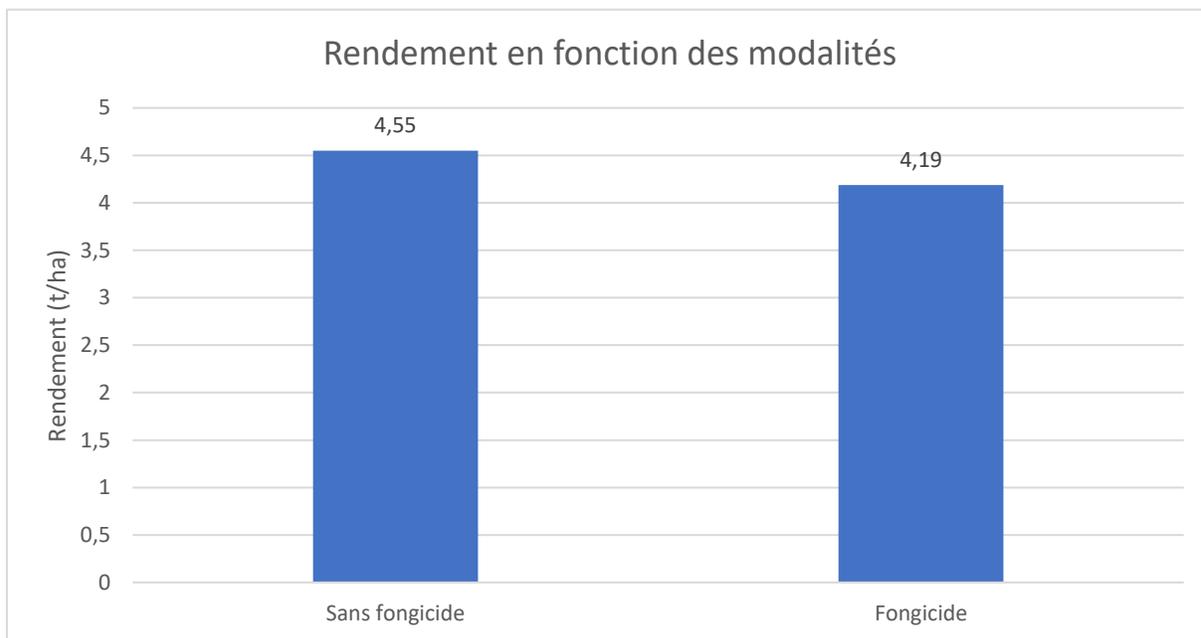


Figure 75 : Rendement du colza selon les modalités.

La parcelle d'essai a donné un bon rendement avec une moyenne à 4,5 tonnes/ha à 7,8% d'humidité. Les rendements présentés sont donc pour un taux d'humidité de 7,8% et non de 9%. La bande de colza sans fongicide n'a pas montré de différence significative au niveau du rendement, la bande sans fongicide a

même était supérieure à la bande témoin. Cependant le rendement moyen est presque similaire au rendement de la bande sans fongicide. L'impasse de fongicide n'a pas impacté le rendement du colza. Il est cependant à noter que sur cette parcelle il n'y avait pas eu de colza depuis 10 ans et que peu de cultures sensibles au Sclérotinia sont cultivées sur la parcelle. De plus le temps plutôt chaud et sec n'était pas favorable au développement de maladies. La pression de la maladie était de base faible dans la parcelle. Il est fort probable que le levier le plus puissant qui permette l'impasse de fongicide soit la rotation. Cependant le mélange de variété permet de sécuriser le rendement et limiter les risques en cas de pression fongique élevée, en effet les potentiels de contaminations sont différents selon les variétés : la dissémination peut être freiné, et si ce n'est pas le cas certaines variétés ne seront pas impactées de la même manière ce qui devrait sécuriser le rendement.

## Conclusions

Dans cet essai, le mélange de variété a joué un rôle crucial dans la limitation des dégâts des méligèthes et a permis d'éviter un insecticide. Ce résultat est plutôt la cause de la variété Alicia bien connu de nos essais mais aussi sûrement en partie de la variété à floraison plus précoce dans le mélange qui commençait sa floraison. L'objectif de faire un colza sans aucun insecticide a une fois de plus été possible.

Concernant l'impasse de fongicide, ici nous avons voulu voir de façon simple si l'impasse de fongicide impactait le rendement grâce au mélange de variété. Nous avons pu montrer que sur cette essai la réponse était négative et que le fongicide n'était pas nécessaire dans ce cas précis. Ce genre d'essai est à multiplier en fonction du risque, il est probable qu'ici ce résultat soit la conséquence de la rotation de l'agriculteur avec pas de colza depuis 10 ans et peu de cultures sensibles au Sclérotinia. La rotation est une des clés de la lutte contre les maladies (rupture de cycle). L'effet du mélange de variété doit être reconduit et testé sur d'autres parcelles pour valider l'hypothèse. Cependant il ne faut pas oublier que cette impasse reste risquée économiquement puisque le coût de la pulvérisation du fongicide est de 32€/ha et que la baisse de rendement est estimée à 1,5q/ha mais peut aller jusqu'à 6q/ha (Chambre d'Agriculture de l'Île de France). Ceci peut paraître peu mais la forte valeur du colza induit une perte (pour un prix de 500€/tonne) de 80 €/ha à 300€/ha. La maladie a un réel impact deux années sur 10 (selon Terres Inovia). C'est donc un calcul qui est plutôt mauvais au niveau économique, le fongicide reste une assurance rentable. En revanche les conséquences environnementales de ce genre de ces molécules sont assez élevées, les publications de l'effet du boscalid (substance active du Cantus) sont assez documentées notamment sur l'impact sur les populations d'abeilles. Il n'est pas rare non plus que l'on observe des problèmes de dégradations de paille après utilisation de SDHI, ce qui peut poser des problèmes de fertilité mais aussi de maladies. Le gain environnemental de cette impasse est donc très positif. L'impasse fongicide, bien qu'ayant des bienfaits environnementaux assez élevés ne sera pas appliquée à grande échelle massivement sans incitation financière pour limiter les risques économiques.

### 3.1.2 Betterave associée à la féverole

#### Objectifs

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

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

Dans ce cadre, nous avons suivi plusieurs parcelles, avec différents objectifs :

- a. Evaluer l'effet de l'association betterave-féverole sur les populations d'insectes auxiliaires et de pucerons verts et noirs : 3 parcelles en partenariat avec le Parc Naturel des Plaines de l'Escaut (PNPE) ;
- b. Estimer l'impact d'une bande de couvert d'interculture non détruite sur la pression de pucerons ;
- c. En 2021, sur les essais suivis par Greenotec, les féveroles n'ont pas résisté aux programmes de désherbage de la culture de la betterave. Elles se sont asséchées au moment où leur potentiel d'attraction aurait été le plus utile : en début d'arrivée du puceron. L'objectif de cet essai est donc de déterminer les matières actives et leurs moments d'application les moins délétères pour la plante compagne, tout en garantissant un contrôle acceptable des adventices.

### Dispositif expérimental et protocole

- a. Association betterave-féverole au PNPE

Trois parcelles ont été suivies lors de la saison 2022. Dans chacune d'elles, une bande de 50 à 80m de large a été consacrée à l'association betterave-féverole, le reste de la parcelle étant implantée de betteraves uniquement.

Les féveroles sont semées à la volée juste avant le travail du sol du semis de la betterave à une densité de 5 à 8 pieds au m<sup>2</sup>.



Figure 76 : Dispositif expérimental de la parcelle de betterave-féverole (en vert clair) de Mont-de-Péruwelz. Les points rouges représentent les zones d'observation de 10 betteraves.

Les insectes suivants ont été énumérés du début de l'apparition des insectes jusqu'à la fermeture des lignes ou à la mort de la féverole, sur 10 plantes de betterave dans chacune des 4 zones d'échantillonnages :

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

Malheureusement, dans 2 des 3 parcelles, un traitement herbicide (Safari DuoActive) a gravement impacté les féveroles, rendant les observations d'auxiliaires et pucerons inutiles dès le deuxième jour d'échantillonnage et ne permettant pas d'aboutir à des conclusions fiables. Seule la parcelle de Mont-de-Péruwez a pu être observée sur l'ensemble de la saison et sera donc traitée dans ce rapport.

#### b. Bande de couvert non détruit

Dans une parcelle, une bande d'une douzaine de mètre a été exempte de traitement herbicide et de travail du sol, afin de préserver les espèces du couvert qui n'auraient pas gelé pendant l'hiver doux de 2021-2022. Dès lors, dès la levée des betteraves, cette bande était constituée de phacélies et de féveroles en fleur, ainsi que d'avoine (Figure 77). Cette bande aurait donc pour effet de préserver des auxiliaires qui auraient hiverné dans le couvert (momies de parasitoïdes, œufs de syrphes et coccinelles, carabes, araignées...), de les attirer précocement dans la parcelle (fleurs et pucerons) et d'offrir des ressources nutritives alternatives (pucerons noirs sur la fève) en cas d'absence de pucerons sur les betteraves.

Les pucerons et auxiliaires ont été énumérés à 5m de la bande, à 50m, ainsi que dans une parcelle éloignée de 500m, en tant que témoin.



Figure 77 : Bande de couvert non détruit à Héron le 16/05

c. Impact des substances actives herbicides sur le développement de la féverole

Les féveroles de printemps (variété Victus PMG540) ont été semées à la volée juste avant le travail du sol à 10cm (enfouissement de l'azote liquide) et le semis de la betterave.

Les matières actives testées (et leur produit commercial) sont les suivantes, sur base des essais passés menés par Greenotec (Figure 78 et Figure 79) :

- Triflusaluron (Safari et Safari Duoactive) ;
- Lenacile (Venzar et Safari Duoactive) ;
- Clomazone (Centium).

Objet	FAR 1	FAR 2	FAR 3	FAR 4	Rémanence
Témoin agri	DEKC	DKC + Safari DuoActive (100g/ha)	DKG + Safari DuoActive (125g/ha) + Matrigon (400g/ha) + Frontier	Anti-graminée	Frontier Elite x2 + Matrigon
1	DOG	DOG	DOG	DOG	Frontier Elite x2
2	DOG + Safari (15g/ha)	DOG + Safari (20g/ha)	DOG + Safari (20g/ha)	DOG	Frontier Elite x2
3	DOG	DOG + Safari (20g/ha)	DOG + Safari (20g/ha)	DOG + Safari (20g/ha)	Frontier Elite x2
4	DOG	DOG	DOG + Safari (20g/ha)	DOG + Safari (20g/ha)	Frontier Elite x2
5	DOG	DOG + Safari DuoActive (150g/ha)	DOG + Safari DuoActive (150g/ha)	DOG	Frontier Elite x2
6	DOG	DOG	DOG + Safari DuoActive (150g/ha)	DOG + Safari DuoActive (150g/ha)	Frontier Elite x2
7	DOG	DOG + Venzar (200-215ml/ha)	DOG + Venzar (200-215ml/ha)	DOG	Frontier Elite x2
8	DOG	DOG	DOG + Venzar (200-215ml/ha)	DOG + Venzar (200-215ml/ha)	Frontier Elite x2
9	DOG	DOG	DOG + Centium (40ml/ha)	DOG + Centium (40ml/ha)	Frontier Elite x2
TP et tampon	rien				Réalisé par l'agriculteur

Figure 78 : Modalités de désherbage testées. DOG : programme FAR (Dianal, Oblix, Goltix) ; DEKC, DKC ou DKG : FAR de la modalité agriculteur (Dukka, Ethomat, Kemiron, Corner ou Goltix)

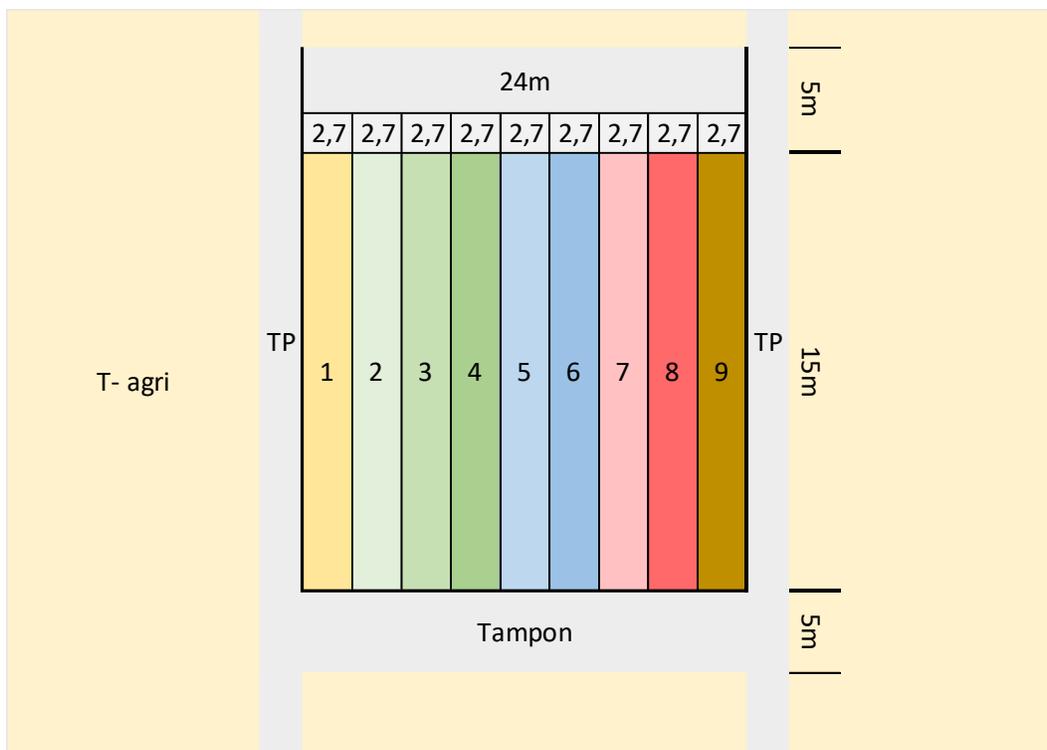


Figure 79 : Dispositif expérimental de l'essai de la sélectivité du programme de désherbage vis-à-vis de la féverole

Dix féveroles par modalité ont été observées et les indicateurs suivants ont été établis :

- Nécrose des féveroles : 3 jours après chaque traitement, observation des nécroses et assèchement des féveroles et attribution d'une classe de 0 (mortalité) à 5 (parfait état de santé) ;
- Développement des féveroles : mesure de la taille en cm ;
- Efficacité des modalités herbicides : évaluation sommaire de la présence d'adventices majoritaires (chardon, chénopode, matricaire).

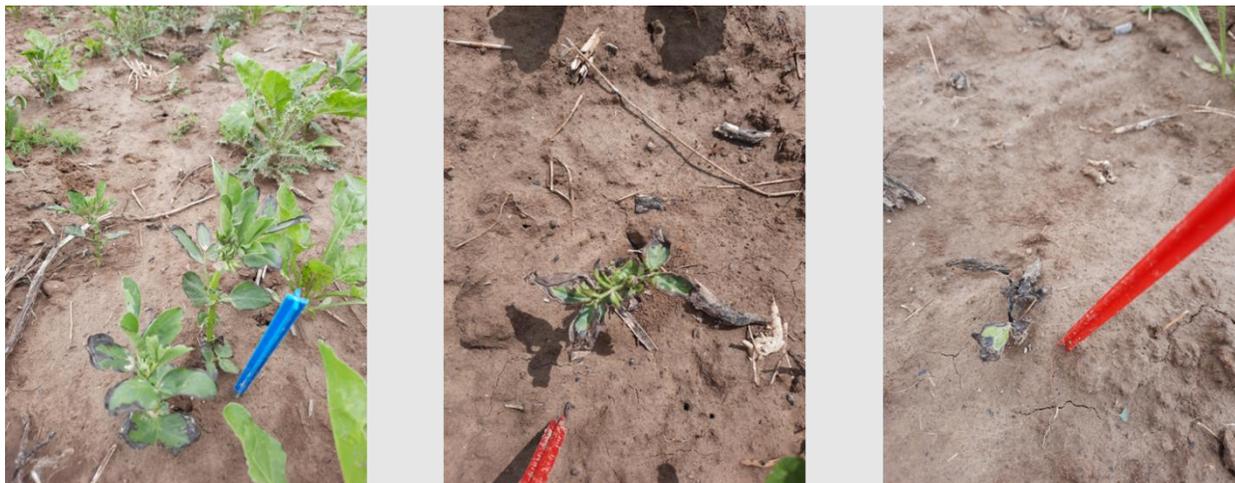


Figure 80 : Différentes classes de résistance de la féverole aux programmes de désherbage (4, 2 et 0, respectivement)

## Résultats et interprétation

### a. Association betterave-féverole au PNPE

La population du puceron vecteur de jaunisse virale est restée proche du seuil d'intervention officiel tout au long de la saison (Figure 81). Dans la partie associée de la parcelle, il y a très sensiblement moins de pucerons que dans la partie en betteraves pures. Cette différence n'étant pas significative, on se rend néanmoins compte qu'une telle différence avec un seuil d'intervention aussi faible peut vite faire la différence en termes de traitement insecticide (exemple de l'observation du 03/05/2022).

Un traitement au Teppeki a été réalisé le 11/05, même si le seuil n'était pas atteint. Selon l'IRBAB, la faible rémanence de cet insecticide, couplé au faible nombre de pucerons peut engendrer une baisse d'efficacité du traitement. Un deuxième traitement insecticide, au Movento, a été réalisé le 28/05/2022, après avoir dépassé le seuil. Deux semaines après le traitement, les pucerons avaient disparu. Il ne nous est cependant pas possible d'affirmer l'efficacité de ce deuxième traitement, car un comptage dans une fenêtre non-traitée de la parcelle a donné le même résultat. Il se peut donc que les populations d'auxiliaires aient joué leur rôle dans le contrôle du ravageur.

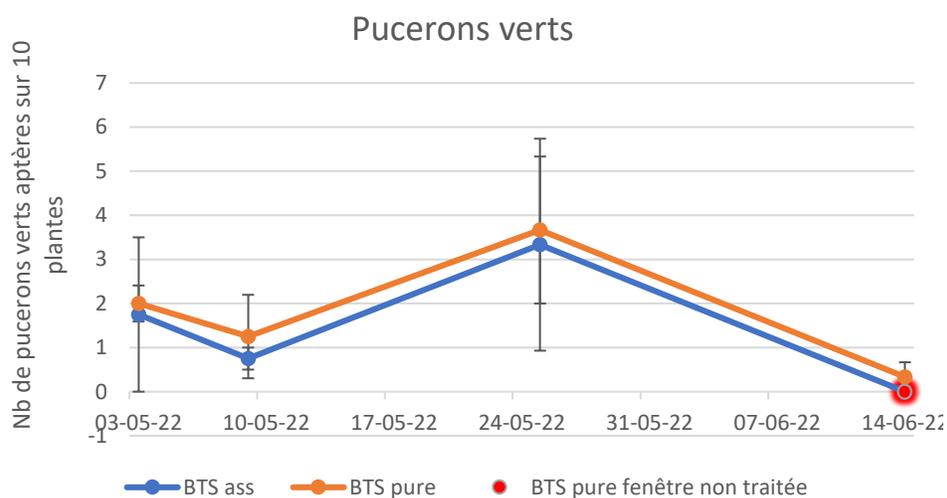


Figure 81 : Nombre de pucerons verts du pêcher aptères par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Pérulwez, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.

Les féveroles ont très nettement attiré un plus grand nombre de pucerons noirs sur les betteraves de la partie associée (Figure 82). Cependant, cette espèce, moins bonne vectrice de jaunisse, n'est pas jugée problématique pour la culture, même si un enroulement des jeunes feuilles peut être observé en cas de forte infestation.

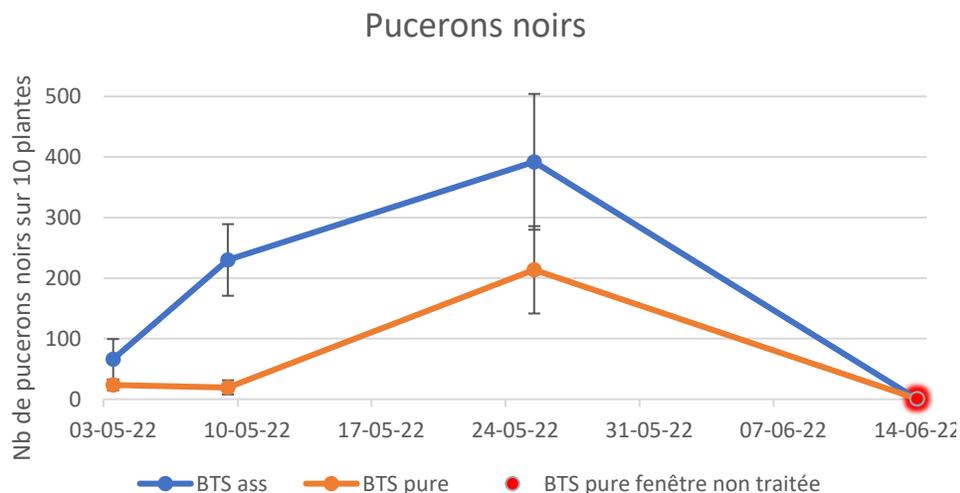


Figure 82 : Nombre de pucerons noirs de la fève par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Pérulwez, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.

Cette abondance de pucerons noirs a contribué à l'attraction d'un plus grand nombre d'auxiliaires dans la parcelle associée. Cette population s'est maintenue jusqu'en fin de saison, et ce même après le traitement insecticide du 28/05. Les auxiliaires observés le 14/06 étaient cependant peu actifs (larves au dernier stade, nymphes et jeunes adultes, principalement) et constituaient un reliquat de la population de fin mai, en phase de dispersion.

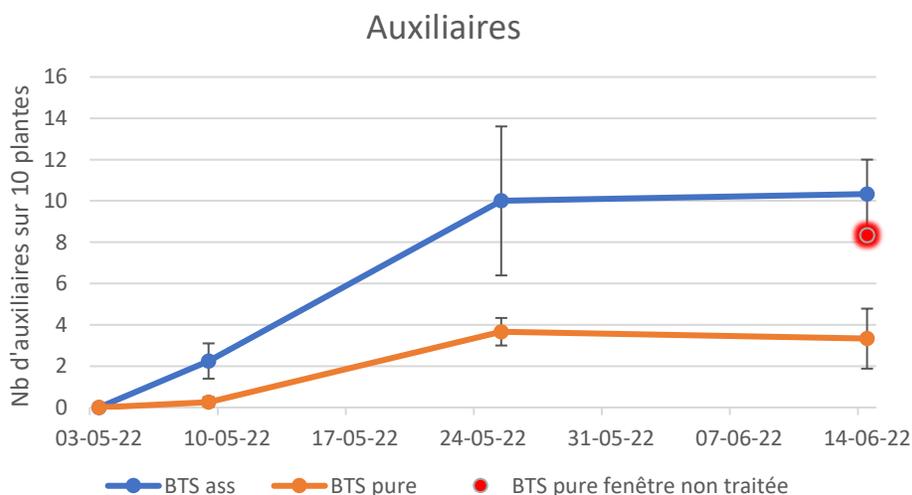


Figure 83 : Nombre total d'auxiliaires par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Pérulwez, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.

Le nombre total d'auxiliaires comprenant des œufs et des espèces aux niveaux de voracité différents, le graphique a été décomposé en prédateurs majeurs (larves et adultes de coccinelles et larves de syrphes et de chrysopes) (Figure 85 et Figure 84) et en autres auxiliaires (momies de parasitoïdes, carabes, araignées, cantharides et anthocorides) (Figure 87 et Figure 86). Il semble que la féverole elle-même et/ou

les pucerons noirs qu'elle attire permet d'augmenter les populations de coccinelles, syrphes, parasitoïdes et anthocorides.

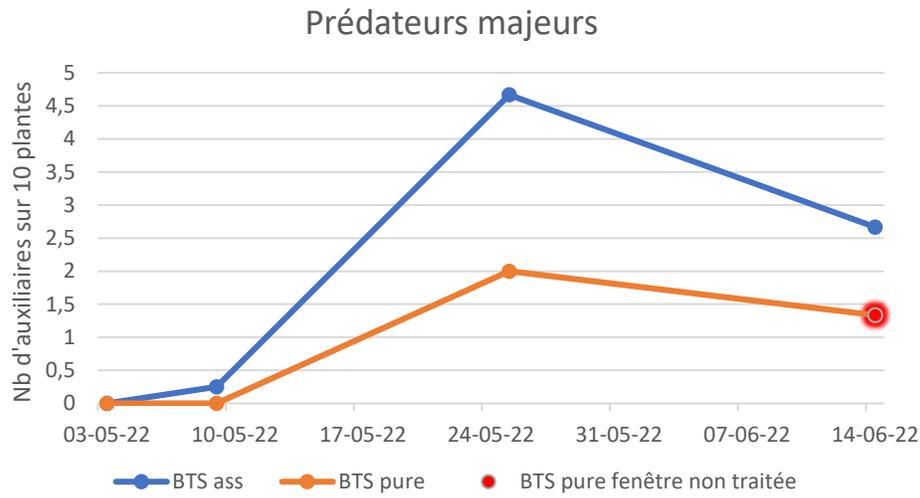


Figure 85 : Nombre de prédateurs majeurs (coccinelles, syrphes et chrysopes) par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Pérulwez, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure



Figure 84 : Répartition des prédateurs majeurs selon les familles (coccinelles et syrphes, les chrysopes n'ayant été observées qu'au stade œuf)

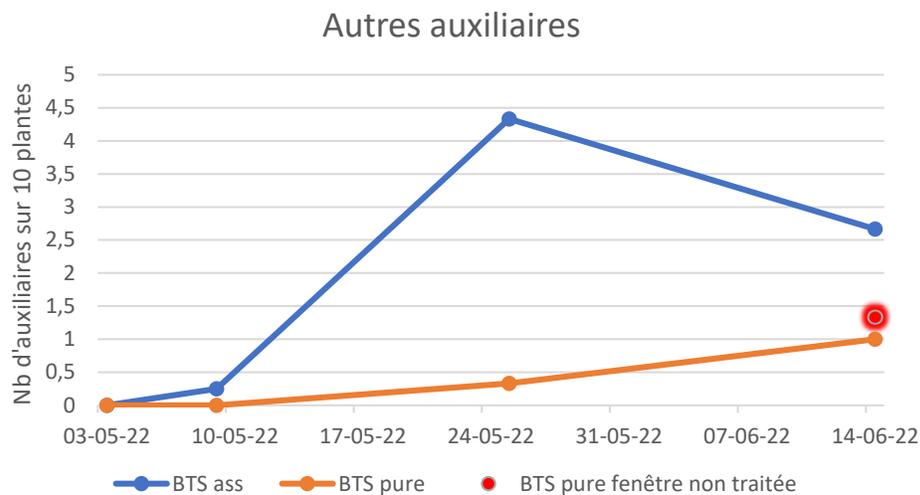


Figure 87 : Nombre d'autres auxiliaires que les prédateurs majeurs par 10 plantes de la parcelle de Mt-de-Pérulwez, selon la modalité de betterave associée ou betterave pure.

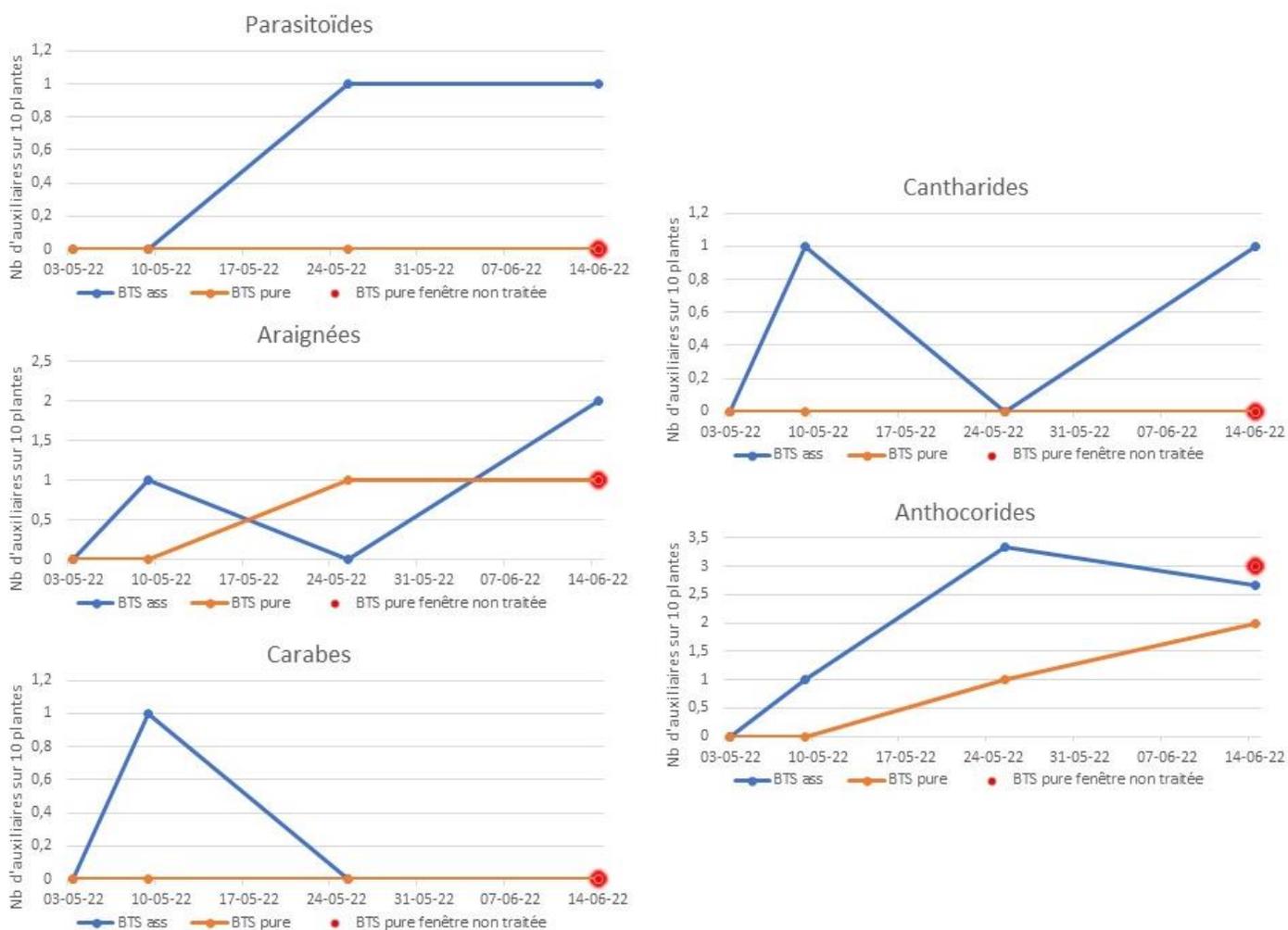


Figure 86 : Répartitions des autres auxiliaires selon les familles (guêpes parasitoïdes, araignées, carabes, Cantharides et Anthocorides)

## b. Bande de couvert non détruit

Dans cet essai, seule une observation, le 16/05/2022 a pu être réalisée, en raison d'un traitement insecticide réalisé contre les pucerons noirs, avant le premier comptage programmé, puis d'autres traitements en raison du dépassement du seuil d'intervention. Les résultats sont donc à interpréter avec précaution.

De manière générale, moins de pucerons ont été observés à proximité directe de la bande de couvert non détruit que plus loin, à 50m et dans une parcelle sans aménagement. L'hypothèse de l'accueil et de la préservation des auxiliaires dans le couvert non détruit semble se vérifier.

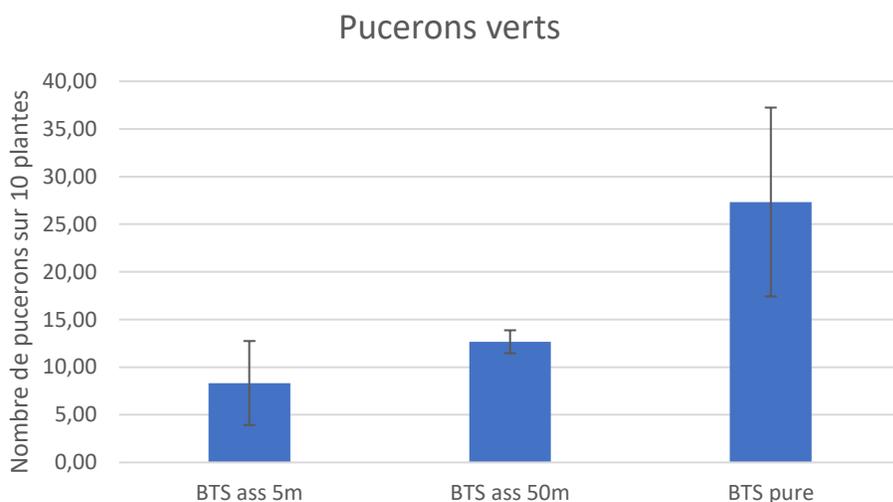


Figure 88 : Nombre de pucerons verts aptères par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit.

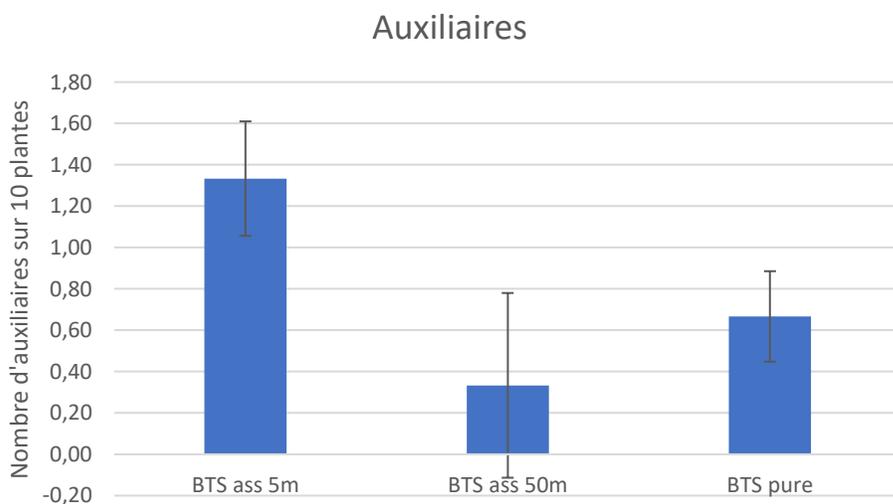


Figure 89 : Nombre d'auxiliaires par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit.

La bande de couvert semble principalement héberger les prédateurs majeurs (coccinelles, surtout) et les araignées (Figure 90). Ces dernières joueraient un rôle dans la captation des pucerons ailés dès leur arrivée

dans la parcelle (Figure 91). Enfin, la bande semble en effet jouer son rôle de réservoir alimentaire à proximité de la parcelle de betterave (Figure 92).

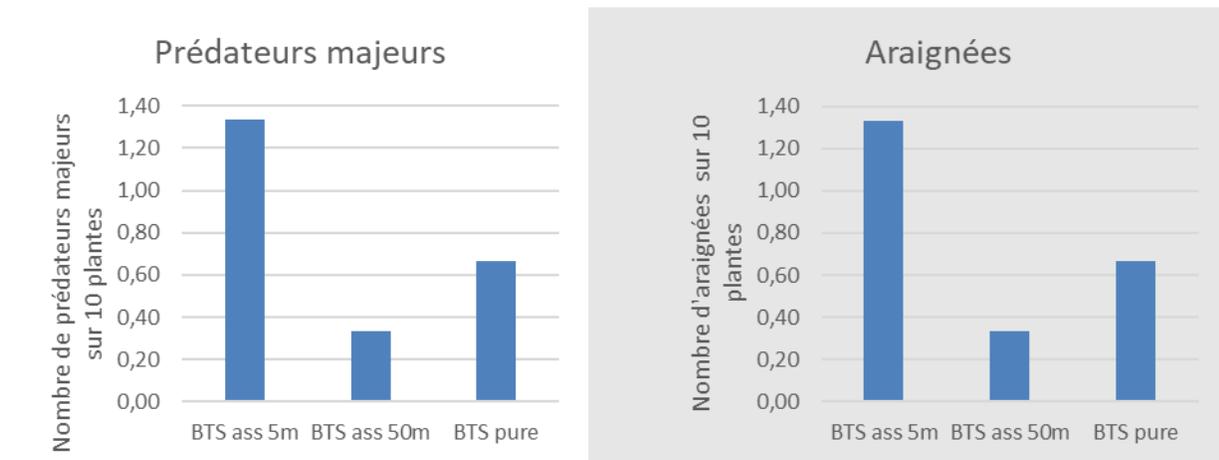


Figure 90 : Nombre de prédateurs majeurs (coccinelles et syrphes) et d'araignées par 10 plantes, à Héron le 16/05, selon la proximité de la bande de couvert non détruit



Figure 91 : Pucerons noirs ailés piégés dans des toiles d'araignées à proximité de la bande de couvert non détruit



Figure 92 : Féverole de la bande de couvert non détruit hébergeant un grand nombre de pucerons noirs

Sur la Figure 93, nous constatons qu'il y a eu en effet moins d'apparition de rond de jaunisse dans la zone de comptage à proximité de la bande de couvert non détruit, par rapport à 50m plus loin et, surtout, à la parcelle sans aménagement plus loin dans le village. Cependant, il semble que si le comptage avait été effectué de l'autre côté de la bande, les résultats auraient pu être différents.



Figure 93 : Prévalence de jaunisse virale dans les parcelles suivies. A : 5 et 50m de la bande de couvert non détruit ; B : betterave pure

### c. Impact des substances actives herbicides sur le développement de la féverole

Seules les féveroles des modalités 1 (FAR uniquement), 7 et 8 (Venzar à partir des FAR2 et 3, respectivement) et 9 (Centium à partir du FAR3) se sont bien développées (Figure 94). Toutes les autres modalités de traitement, basées sur l'utilisation du Safari (MA : triflurosulfuron), ont détruit totalement, ou presque, les féveroles.

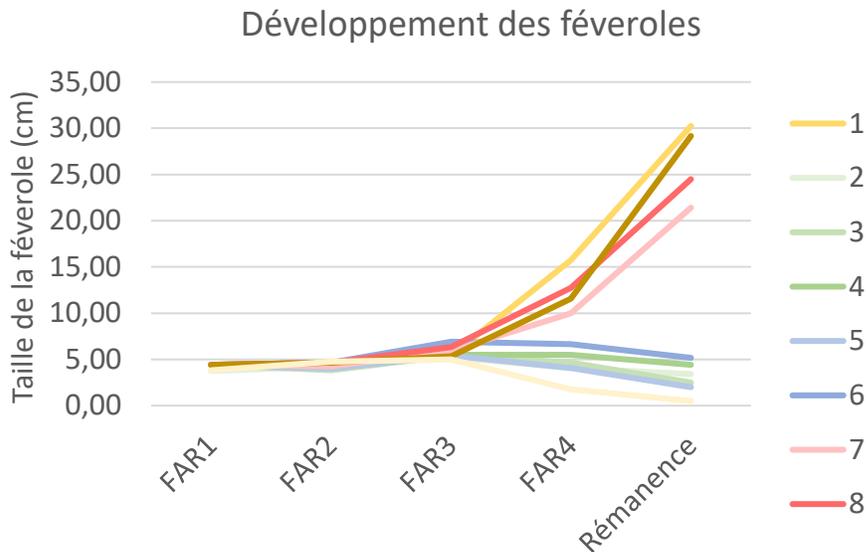


Figure 94 : Développement des féveroles en fonction du programme de désherbage)

Plus la pulvérisation de triflousulfuron est précoce, plus tôt les féveroles souffrent et plus mauvais est leur état final : en témoigne les modalités de 2, 3 à 4 (triflousulfuron au FAR1, 2 ou 3, respectivement) et les modalités 5 à 6 (triflousulfuron au FAR 2 ou 3, respectivement) (Figure 95). La substance active lénacile (présente dans Venzar et Safari DuoActive) n'est pas létale pour les féveroles, mais on observe une baisse de santé de la plante (nécrose), surtout si le traitement est précoce, sans toutefois impacter fortement sa croissance. Idem pour la substance active clomazone (Centium).

C'est la modalité témoin (programme de traitement mis en place par l'agriculteur) qui a été la plus agressive pour la féverole, avec une mortalité quasi complète après le 4ème traitement.

Il est à noter que la baisse de santé des féveroles (nécroses et assèchement) peut nuire au potentiel d'attraction des auxiliaires et de leurs proies alternatives. Donc, même si la croissance est peut impactée par le lénacile et le clomazone, il convient d'éviter tant que possible les pulvérisations de ces molécules, et surtout aux stades précoces de développement (pas avant le 3ème traitement).

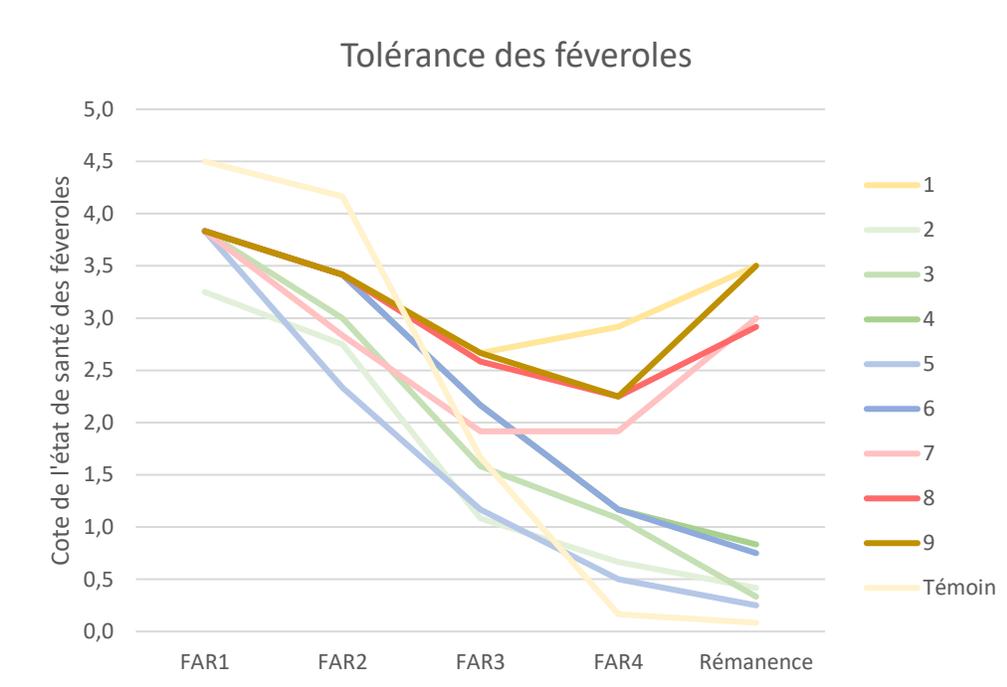


Figure 95 : Tolérance des féveroles selon les programmes de désherbage, exprimée par le niveau de nécrose et de reprise de la plante

Vu le dispositif expérimental (sans répétition), il n'est pas possible de tirer des conclusions sur l'efficacité de contrôle des adventices par les différents traitements. Les « taches » d'adventices (chardons, matricaires, chénopodes) peuvent en effet se trouver par hasard dans telle ou telle bande de la parcelle. Il semblerait néanmoins que les traitements moins agressifs (ajouts tardifs de triflusaluron ou uniquement de lénacile) ont épargné davantage d'adventices (Figure 96). Mais cette observation est à relativiser avec l'exception de la modalité 1 (FAR uniquement), dans laquelle on retrouvait peu d'adventices, avec toutefois les plus belles féveroles. Si la modalité témoin agriculteur représente une quantité de substance active plus grande que toutes les modalités, il semble qu'elle ait été nécessaire pour contrôler efficacement des adventices problématiques (chardons, notamment).

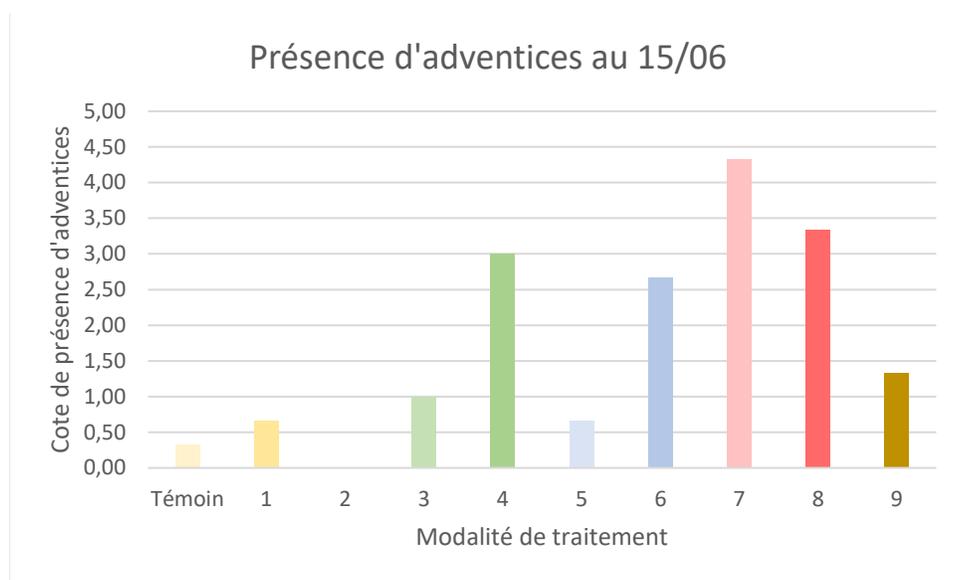


Figure 96 : Présence d'adventices en fonction des programmes de désherbage

## Conclusions

La pratique de l'association betterave-féverole est prometteuse. Cette année encore, nos données témoignent du potentiel d'attraction des auxiliaires, de manière précoce et durable dans la parcelle, grâce aux nectaires extrafloraux de la légumineuse et aux populations de pucerons noirs qu'elle héberge. Elle est simple à mettre en place, convient aussi bien aux pratiques de TCS que de labour et ne concurrence pas la culture principale.

À elle seule, la pratique ne permettrait cependant pas de maintenir les populations de pucerons verts en-dessous du seuil d'intervention. Pour espérer une impasse totale d'insecticide et appliquer une réelle lutte intégrée contre le ravageur, il est donc nécessaire d'intégrer diverses mesures, par exemple : association culturale, bande de couvert non détruit, bande fleurie propice aux auxiliaires des cultures, variétés tolérantes, etc. Dès lors, il conviendrait de revoir le seuil d'intervention communément admis lorsque de tels aménagements sont mis en place.

Le principal frein à l'association féverole-betterave réside dans la lutte contre les adventices. Le triflurosulfuron, en plus des molécules déjà identifiées (clopyralid), doit en effet être banni de l'itinéraire technique ou appliqué tardivement dans la saison (application au stade BBCH 11-14 des dicotylédones annuelles, selon Phytoweb).

## 3.2 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 ont de nombreux effets favorables sur le sol et les plantes, entre autres : l'augmentation de l'activité biologique du sol, l'apport direct de nutriments, la stimulation de la croissance et l'inhibition des maladies cryptogamiques (compétition spatiale et nutritive, induction de résistance).

Ainsi, en permettant :

- la revitalisation d'un sol,
- la diminution de l'utilisation des intrants de synthèse,
- l'amélioration de la santé et de la croissance d'une culture,

les bio-intrants permettent de sécuriser et d'accélérer la transition agroécologique d'une parcelle.

### 3.2.1 Biostimulants en betterave

#### Objectifs

La levée et la vigueur des betteraves est déterminante dans son développement et la réussite de la culture. En effet une betterave avec une mauvaise levée s'expose à des problèmes de maladies, des mauvais enracinement voire des pertes de rendement. L'objectif des biostimulants est donc de favoriser la levée et l'enracinement pour améliorer l'accès à l'eau et aux nutriments de la culture. La fertilisation est aussi un point déterminant pour la réussite des cultures et notamment la fertilisation starter au semis. Les biostimulants semblent avoir un potentiel dans ce contexte. Les objectifs de l'essai étaient donc multiples :

- Mesurer l'efficacité des biostimulants dans un contexte de diminution des apports azotés
- Diminuer voire remplacer l'azote et le phosphore en starter dans un contexte de réduction du travail du sol

#### Dispositif expérimental et protocole

La parcelle se situe à Fernelmont dans la province de Namur.



Figure 97 : Carte des sols de la parcelle

Le couvert précédent la betterave était composé de : radis chinois, moutarde et vesce. Il était assez peu développé et a été détruit chimiquement 2-3 semaines avant le semis de la betterave. La parcelle a reçu un apport de compost et de fumier cheval pailleux. La betterave a été semée en strip-till.

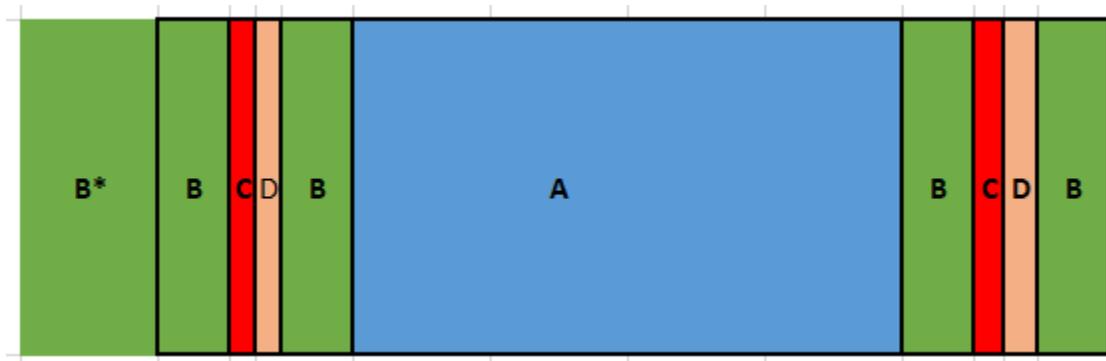
Le biostimulant testé a été fourni par Davis Verstraete (qui travaillait à l'époque comme indépendant et qui a depuis rejoint l'équipe) et avait pour but de booster la minéralisation, l'apport d'éléments et la vie

du sol. La composition est décrite dans le tableau ci-dessous. L'azote a été appliqué au passage du strip-till, le biostimulant a été appliqué sur le semoir avant la fermeture du rang (sur la semence).

Tableau 3 : Formulation du produit biostimulant

Produit	Prix (€/L)	Dose (L/ha)	Coût (€/ha)
Thé de compost	0,6	47	28,2
AH et AF	2,5	1	2,5
Mélasse	1,5	1	1,5
EF Consoude	1,8	1	1,8
Total		50	34

Plusieurs modalités ont été testées, une modalité avec 100% de la fertilisation, une avec 60% et une dernière avec 60% plus le produit biostimulant. Elles ont été semées selon le plan suivant.



Modalité	Nom	Fertilisation strip-till	Biostimulant	Fertilisation pulvé
A	100% N	300L N liquide ( 0L au dessus de la semence)	0	0
B	60% N	180L N liquide ( 0L au dessus de la semence)	0	0
C	60% N + EC	180L N liquide ( 0L au dessus de la semence)	50L	0
D	60%N + EC le 06-04-22	180 L N liquide (OL au dessus de la semence)		
	Témoin agri	200L N liquide (dont 25L au dessus)	0	100L

Figure 98 : Plan de l'essai

Les betteraves ont été semées le 26 mars, le sol été un peu humide et présentait quelques zones tassées (dû notamment aux épandages de fumier et compost avant semis). Le semis a été roulé avec un passage de rouleau cranté en strip-till type Gutler pour bien refermer le sillon, le 28 mars.

### Résultats et interprétation

La levée des betteraves a été améliorée par le biostimulant. On observe aussi un meilleur enracinement (observation visuelle). En revanche la diminution de l'azote au semis n'a eu aucun impact sur la levée comparé à la pleine fertilisation. C'est une observation que l'on avait déjà faite, lors d'engrais starter, de petites doses suffisent pour avoir un effet positif sur la levée. La dose en revanche aura un impact sur la suite de la culture, l'engrais localisé au semis permet de réduire efficacement la dose d'azote sans impact sur le rendement. Cette diminution d'azote n'a pas d'impact sur la levée mais impactera la dynamique de pousse de la betterave.

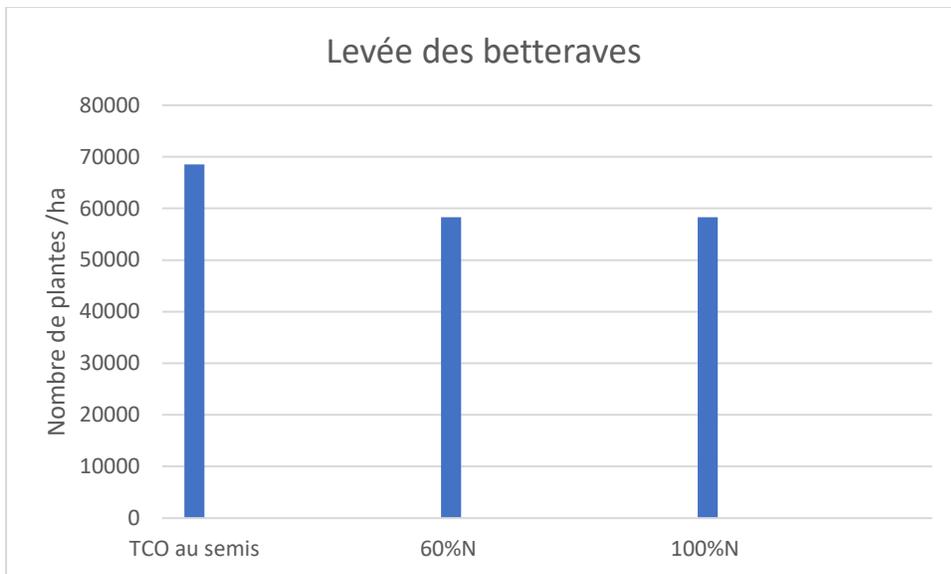


Figure 99 : Nombre de betteraves par hectare selon les modalités

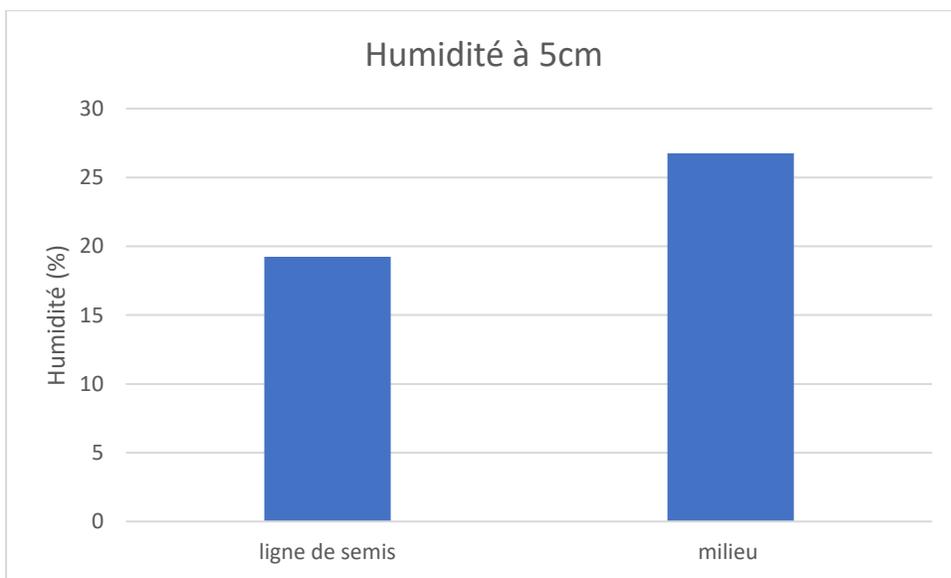


Figure 100 : Humidité à 5 cm selon les modalités

Les mesures d'humidités ont permis de montrer que le strip-till permet de garder l'humidité en inter-rang comme un semis direct. En effet l'inter rang n'est pas du tout touché et l'humidité n'est pas évaporée. En revanche, dans la ligne de semis l'humidité est affectée (-7%) mais reste équivalente en moyenne à un TCS. Ceci peut-être un avantage en cas d'été sec, les racines ont accès à l'eau. Cependant, en cas de semis très sec l'humidité ne sera pas disponible à la germination de la semence ou moins disponible.

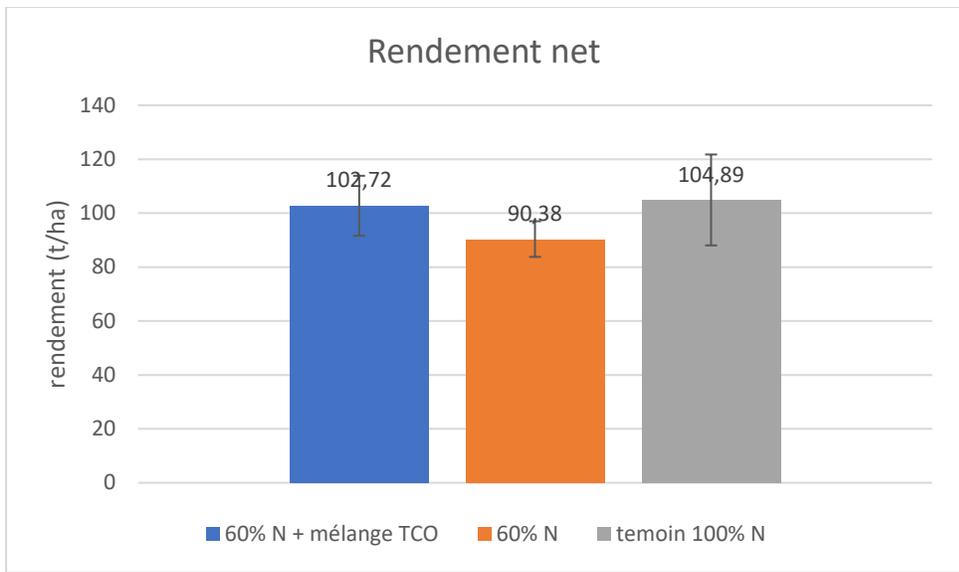


Figure 101 : Rendement net à 18% selon les modalités

Les résultats de rendements sont assez intéressants et encourageants. On observe d’une part que la réduction d’azote trop importante (-40%) entraîne une baisse de rendement non négligeable (-14 tonnes). L’ajout de produit biostimulant à base de thé de compost à cette réduction d’azote a quant à lui permis d’égaliser le rendement du témoin. De plus la modalité est beaucoup plus homogène et permet de sécuriser le rendement. La minéralisation induite par le produit et la disponibilité des éléments minéraux a permis de réduire de 40% la dose d’azote pour la culture tout en ayant un rendement similaire. Le potentiel de réduction des intrants par les biostimulants semble être une piste prometteuse.

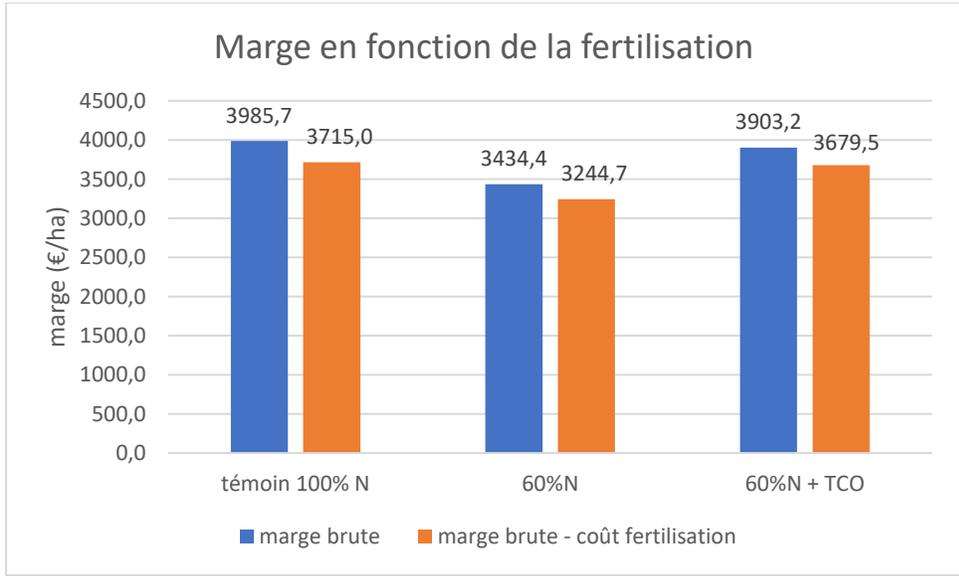


Figure 102 : Ecart chiffre d'affaires/fertilisation selon les modalités

Lorsque l’on regarde la marge en fonction des stratégies de fertilisations pour un coût de 34€/ha de biostimulant, un cout de l’azote liquide à 644 €/tonnes et une betterave vendue à 38€/tonne. On remarque que la petite perte de rendement non significative de la modalité biostimulant ne permet pas

à cette dernière d'avoir de meilleurs résultats économiques. Le surcoût économique de la modalité témoin est de 50€/ha. La stratégie de réduction d'azote reste risquée économiquement compte tenu des pertes de rendements potentielles. En revanche cela pourrait être intéressant dans un contexte de plus en plus présent d'amélioration du bilan carbone. En effet la production d'azote minéral est très énergivore et représente une part importante des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole. Les certificats carbonés se développant cette stratégie peut être envisagé pour limiter les risques économiques de la technique.

## **Conclusions**

L'utilisation de biostimulant à base de thé de compost et de différents extraits de plantes a presque permis d'égaliser en termes de rendement la modalité témoin. L'objectif de départ est donc clairement atteint. En revanche la réduction des apports d'azote peut avoir un grand impact sur le rendement et entraîner un risque économique pour l'agriculteur. Cette constatation peut être amené à évoluer en fonction des marchés, en effet le prix de l'azote étant de plus en plus élevé, son économie peut s'avérer être une bonne stratégie. Ce prix est aussi à mettre en relation avec le prix de ventes des denrées agricoles pour en évaluer les risques économiques. En revanche le réel impact positif de la technique se situe au niveau des émissions de gaz à effet de serre. En effet la production d'engrais azoté est très énergivore et représente presque un quart des émissions de gaz à effet de serre agricole au niveau mondial (FAO, 2016), une réduction de 40% de son utilisation dans une culture produite à grande échelle comme la betterave aura un impact non négligeable sur son utilisation. Les extraits de plantes sont à tester dans d'autres cultures mais semblent avoir un intérêt dans la réduction des engrais azotés, la diminution des émissions de gaz à effet de serre et qui plus est à un impact positif sur la vie des sols.

### **3.2.2 Biostimulant en starter en maïs et pdt**

#### **Objectifs**

Les engrais phosphatés utilisés en starter pour les maïs et les pommes de terre ont un impact négatif sur les sols et notamment sur les mycorhizes. Nous avons donc voulu trouver des alternatives viables économiquement. Les objectifs sont donc :

- Garder une production viable et rentable
- S'approcher ou égaliser le témoin en terme de marge
- Comparer les biostimulants entre eux
- Booster l'activité des mycorhizes
- Réduire la dépendance aux engrais de synthèse

#### **Dispositif expérimental et protocole**

Pour atteindre ces objectifs nous avons séparé la parcelle en plusieurs bandes d'un tour de semis (12 rangs de maïs et 8 rangs de pommes de terre. Toutes les solutions testées étaient liquides afin de permettre l'application avec le matériel de l'agriculteur. Le produit est placé dans la butte de pomme de terre avant le buttoir et entre le soc et la roue de fermeture (sur la semence) en maïs.



Figure 103 : Dispositif de fertilisation liquide pour le semis

Nous avons principalement décidé de tester des solutions non-commerciales, que l'agriculteur peut fabriquer lui-même afin de renforcer l'autonomie des exploitations. Nous avons tout de même testé un produit à base d'urine humaine (Lactopi Start) car celui-ci participe à la fermeture du cycle des nutriments et donc la résilience de l'agriculture. De ce fait nous avons testé un mélange à base de thé de compost fourni par la société Sanitas (David Verstraete) testé pour améliorer le démarrage des plantes et la minéralisation, le mélange se compose comme suit :

EC SOL - BIOSTIMULATION		
Produit	L/ha	€/ha
Extrait de compost	40	-
Mélasses	1	1,50
Extrait fermenté de consoude	1	2,50
Acides humiques	4	8,80

Figure 104 : Formulation du produit biostimulant

Nous avons aussi testé le Lactopi Start (produit développé par Toopi, à base d'urine humaine), le DAP (fertilisation classique) et un témoin sans aucune fertilisation. Ces produits ont été testés en maïs et en pomme de terre, deux cultures qui nécessitent un engrais starter au démarrage surtout au niveau du phosphore. Voici le plan selon les cultures

## Pomme de terre

La parcelle concernée par l'essai est la même que celle présentée au 2.3.3 avec un couvert et une gestion du travail du sol différente détaillée ici.

La parcelle avait un couvert semé le 4 aout. Il était composé de radis chinois, phacélie, avoine, vesce et trèfle d'Alexandrie



Figure 105 : Semoir utilisé pour le semis des couverts

Le couvert a été détruit avec deux passages de déchaumeur à disques, 1 mois avant la plantation. Ensuite pour la préparation des pommes de terre un passage de disques supplémentaire, suivi d'une rotative sur la planteuse ont été nécessaires.

La parcelle entière a reçu une application de *Nutrigeo* (biostimulant produit par Gaïago) à la destruction du couvert. La parcelle a été semée selon le plan suivant :

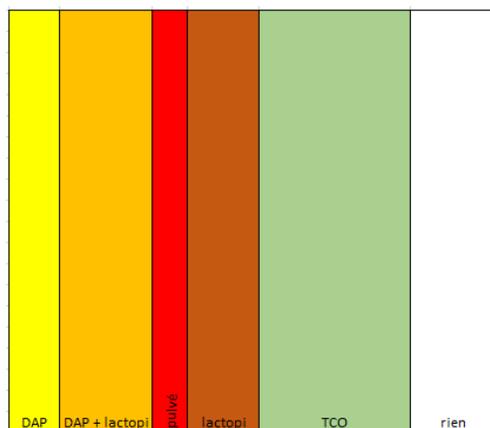


Figure 106 : Plan de l'essai

## Maïs

L'essai a eu lieu à Enghien dans la province du Hainaut.



Figure 107 : Carte des sols de l'essai

Sur la parcelle, un colza associé avait été implantée en aout 2021 mais ce dernier a été broyé à cause de dégâts de pigeon. La parcelle a été conduite avec l'ltk suivant :

Tableau 4 : ltk de la parcelle

Date	Opération culturale	Modalité
Aout 2021	Semis du colza	Toutes
18/04/22	Destruction du colza au glyphosate et broyage	Toutes
19/04/22	Passage de chisel + rotative	Toutes
20/04/22	Semis du maïs	Toutes

Le colza a reçu 130 UN, une application de Free N de Gaïago a été faite lors du travail du sol ce qui équivaut à un apport d'azote de 30 UN, selon le fabriquant. La parcelle a été semée selon le plan suivant :

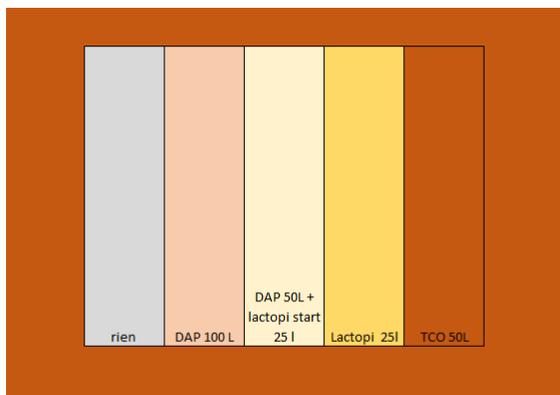


Figure 108 : Plan de l'essai

Pour ces deux essais, il y a eu plusieurs suivis :

Le rendement a été mesuré en broyant et pesant 6m d'une rangée de maïs répété 4 fois par modalité et en pesant les tubercules de 6m de buttes en pomme de terre répété 4 fois par modalité.

Les mycorhizes ont été mesurées selon la méthode détaillée au point 2.3.3.

Les taux de matières sèches du maïs ont été mesurés et sous-traités par le CIPF.

## Résultats et interprétation

### Pomme de terre

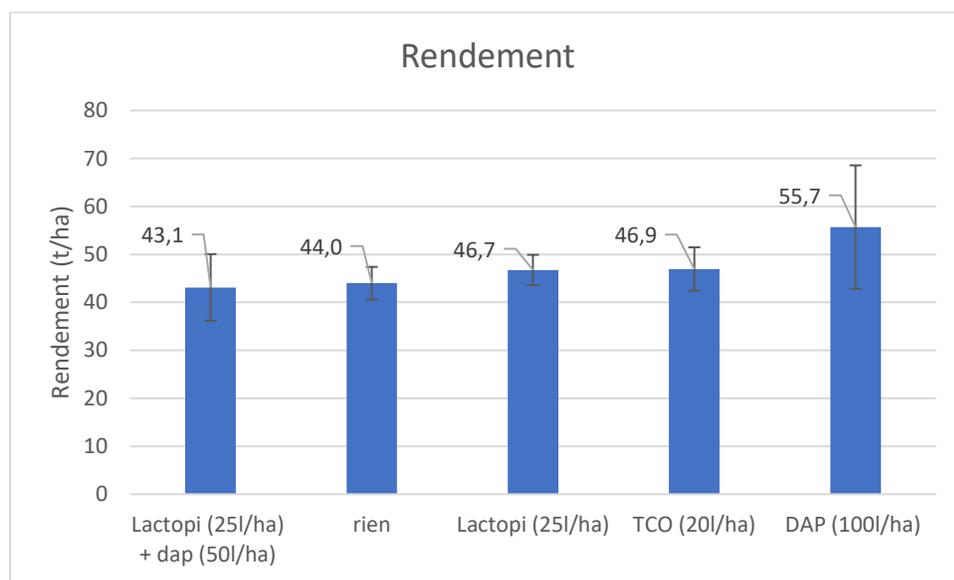


Figure 109 : Rendement en fonction des modalités

On observe ici que le rendement de la modalité DAP reste en moyenne plus élevé que les autres modalités. L'objectif de faire aussi bien n'est pas totalement atteint en terme de rendement. En revanche la variabilité des résultats est assez élevée, la modalité DAP semble beaucoup moins homogène. Les meilleures modalités biostimulantes semblent être le Lactopi (25l/ha) et le TCO avec 2 tonnes en plus que la modalité non fertilisée. Cependant ces résultats restent décevants et méritent d'être améliorés. L'écart avec le témoin DAP est trop faible, et le manque à gagner comparativement à la modalité DAP est trop élevé.

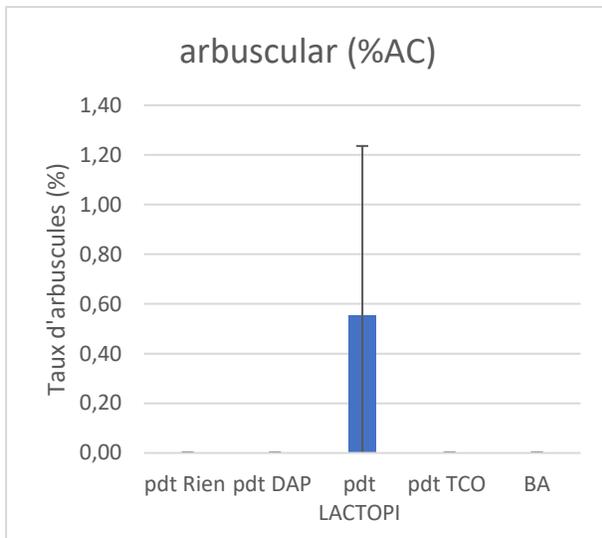


Figure 110 : Taux d'arbuscules

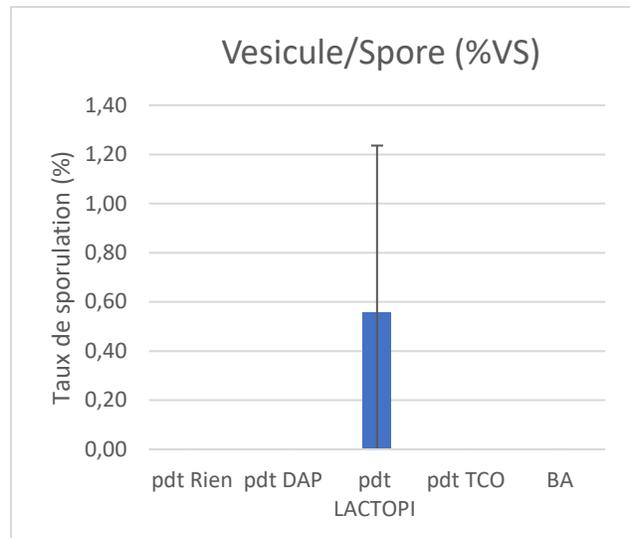


Figure 111 : Taux de sporulation

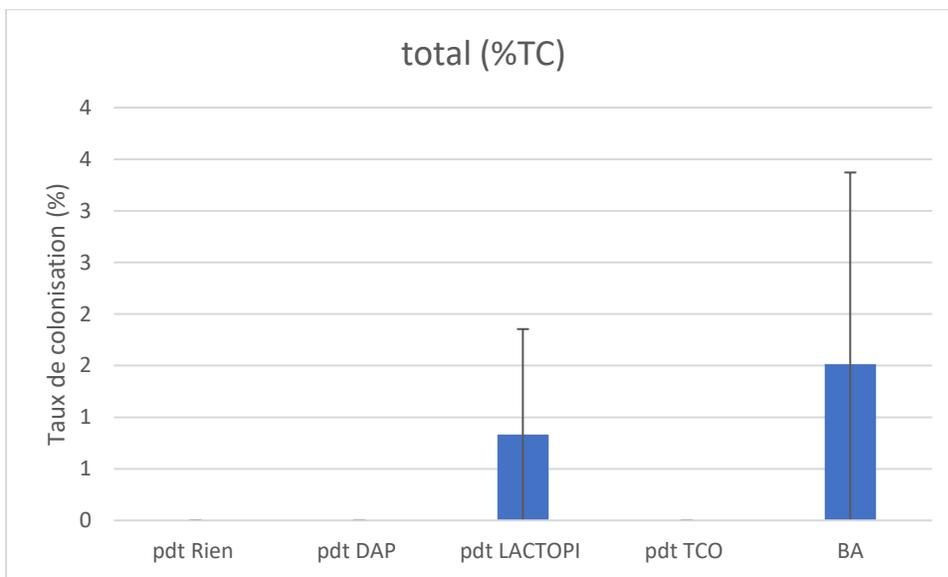


Figure 112 : Taux de colonisation

L'analyse des mycorhizes en pomme de terre a donné lieu à des résultats très surprenants, en effet le taux de colonisations des mycorhizes est très faible et ces résultats est très rare en pomme de terre. Des discussions sont en cours avec l'UCLouvain afin d'en comprendre les causes, les échantillons ont été vérifié plusieurs fois avec les mêmes résultats. Sur les graphiques le taux d'arbuscules correspond en quelque sorte à l'interaction entre les mycorhizes et la plante et le taux de vésicules correspond à la reproduction des mycorhizes. Les deux donnent un indice sur la présence et l'abondance de ces dernières mais ne permettent pas de conclure sur l'abondance des interactions avec la plante. En effet les mycorhizes présentant plus de spore ont très bien pu avoir un taux d'arbuscule plus élevé quelques semaines plus tôt. Ici lorsque l'on regarde la colonisation des racines par les mycorhizes les colonisations se trouvent

dans la modalité buttes d'automne et Lactopi. Ces modalités semblent être plus favorables aux mycorhizes.

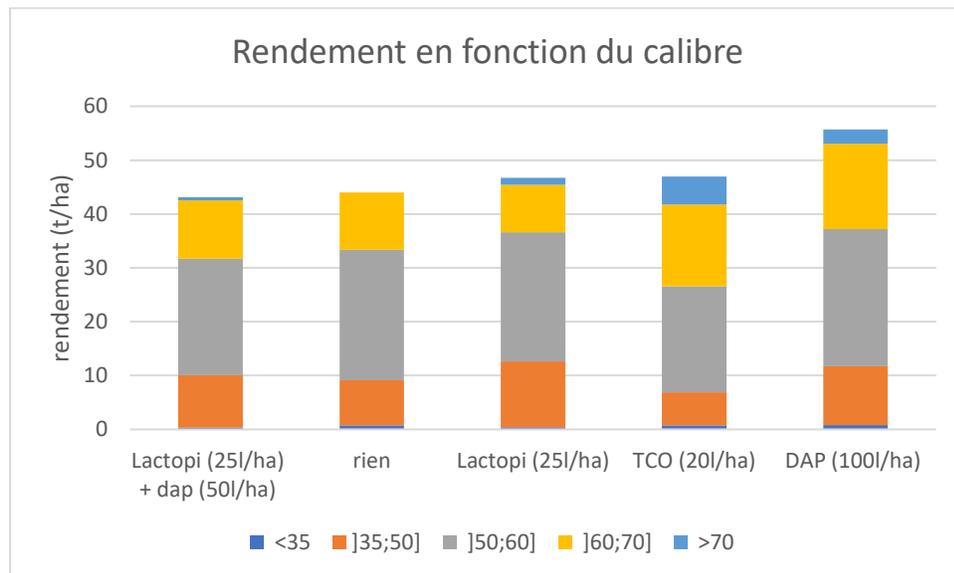


Figure 113 : Calibre en fonction des modalités

La récolte a été calibrée en fonction des modalités, on observe tout d'abord que la modalité DAP a permis une proportion plus importante de pommes de terre de calibre 60-70 (recherchés pour la frite) et de calibre 35-50. Le nombre de tubercules est aussi plus important, ce qui explique en partie le meilleur rendement. La modalité TCO a obtenu de bons rendements en 60-70 mais son faible nombre de tubercules semble être une partie de la cause de la perte de rendement. Le potassium et le phosphore semblent jouer un rôle dans le nombre de tubercule (Yara), ces éléments ne sont surement pas assez assimilables dans cette modalité. Le Lactopi présente un rendement intéressant en 35-50 et 50-60 et peut être intéressant en cas de débouché adapté (marché du frais par exemple). Cette modalité semble avoir souffert d'un manque de nutriment pour faire grossir les tubercules (azote en particulier). Le Lactopi a permis une assimilation plus facile du phosphore et du potassium et produire un nombre de tubercules suffisant ce qui a fait défaut au TCO, en revanche cette dernière a montré de beaux résultats d'assimilation de l'azote avec des calibres plus importants ce qui a fait défaut au Lactopi. Il pourrait être intéressant de combiner les deux produits ou d'ajouter dans la préparation de plante, un produit qui permet une assimilation plus facile du phosphore et du potassium.

## Maïs



Figure 114 : Taille des maïs à la récolte

Au départ le maïs devait-être récolté en maïs épis pour l'alimentation du troupeau laitier mais au vu de la faible production des fourrages estivaux (foin notamment), due aux conditions sèches, la parcelle d'essai a finalement été ensilé afin d'assurer les stocks de nourriture. Nous avons donc illustré ici les rendements en plantes entières ensilé ramené en matières sèches et les poids des épis.

En rendement épis on constate une meilleure réponse avec un mélange DAP et Lactopi. Ici le DAP a eu un impact négatif sur le rendement du maïs. Etonnamment la modalité qui n'a reçu aucun produit est presque en tête et n'a souffert d'aucunes carences. Surement un signe que sur cette parcelle, un apport externe n'était pas suffisant, les éléments présents dans le sol étaient disponibles en assez grande quantités pour satisfaire les besoins du maïs.

Cependant on parle ici d'une différence de rendement de presque 4 tonnes par hectare, ce qui est relativement faible et non significatif.

En rendement épis, on constate une meilleure réponse avec un mélange DAP et Lactopi. Ici le DAP a eu un impact négatif sur le rendement du maïs. Etonnamment la modalité qui n'a reçu aucun produit est presque en tête et n'a souffert d'aucunes carences. Surement un signe que sur cette parcelle, un apport externe n'était pas suffisant, les éléments présents dans le sol étaient disponibles en assez grande quantités pour satisfaire les besoins du maïs.

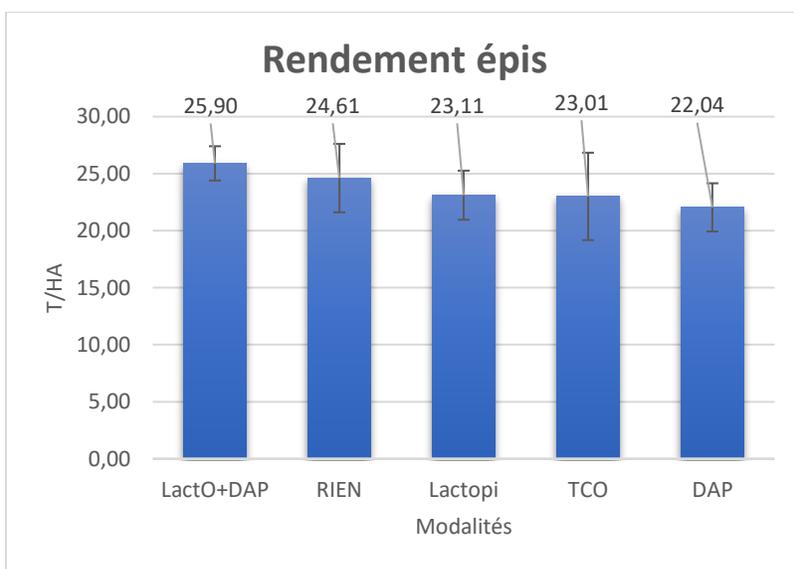


Figure 115 : Rendement en fonction des modalités

Ici les apports de produits externes n'ont pas été bénéfiques pour le rendement épis, les biostimulants n'ont pas permis de produire plus d'épis.

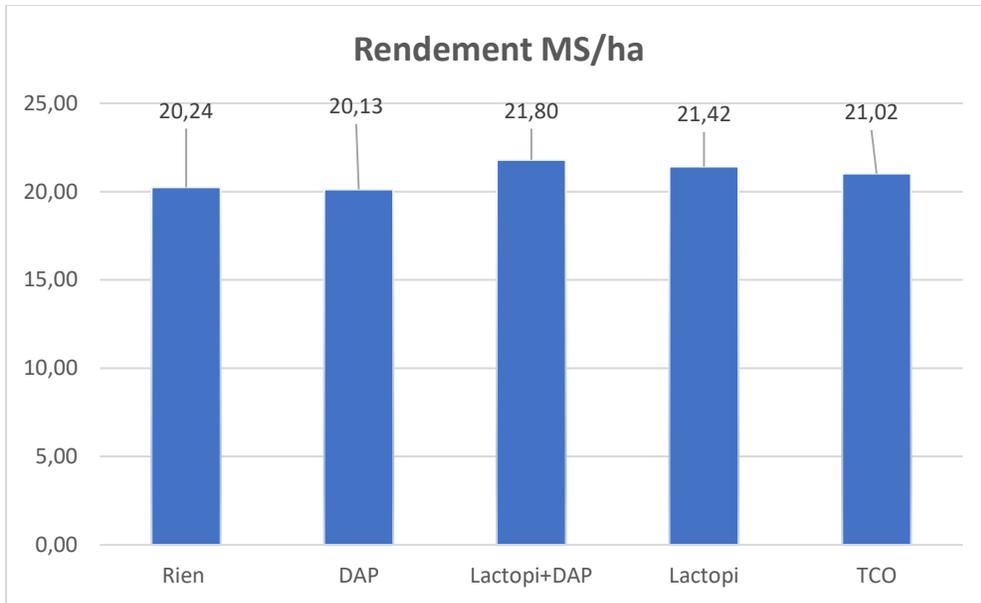


Figure 116 : Rendement en fonction des modalités

Si l'on regarde le rendement en biomasse destiné à l'ensilage, aucune différence n'a été constaté dans les modalités. Tout au long du cycle culturale, nous n'avons pas observé de différence de développement, ce qui est confirmé par le rendement. L'objectif de faire aussi bien que la modalité DAP a été atteint mais ici l'optimum de charge aurait été obtenu avec aucun apport de produit au semis puisque la modalité témoin est aussi performante. L'offre du sol a été nécessaire pour combler les besoins de la plante.

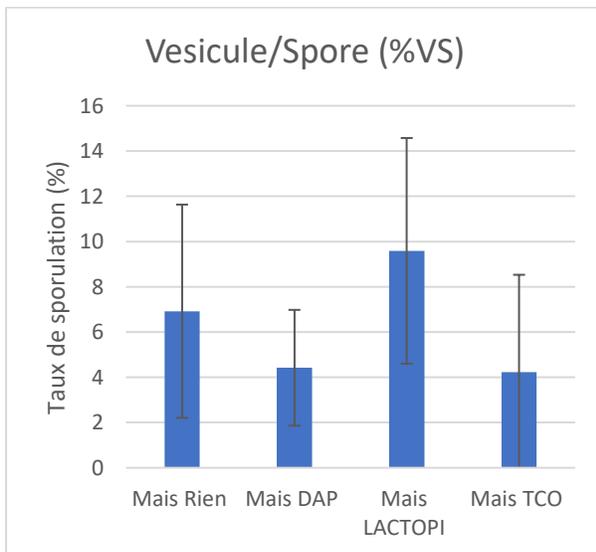


Figure 117 : Taux de sporulation

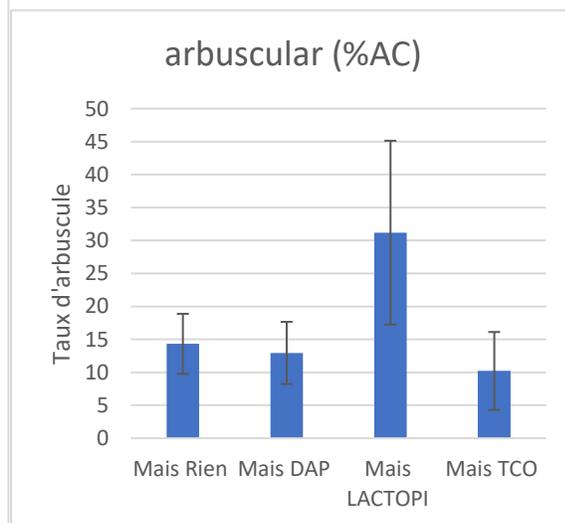


Figure 118 : Taux d'arbuscules

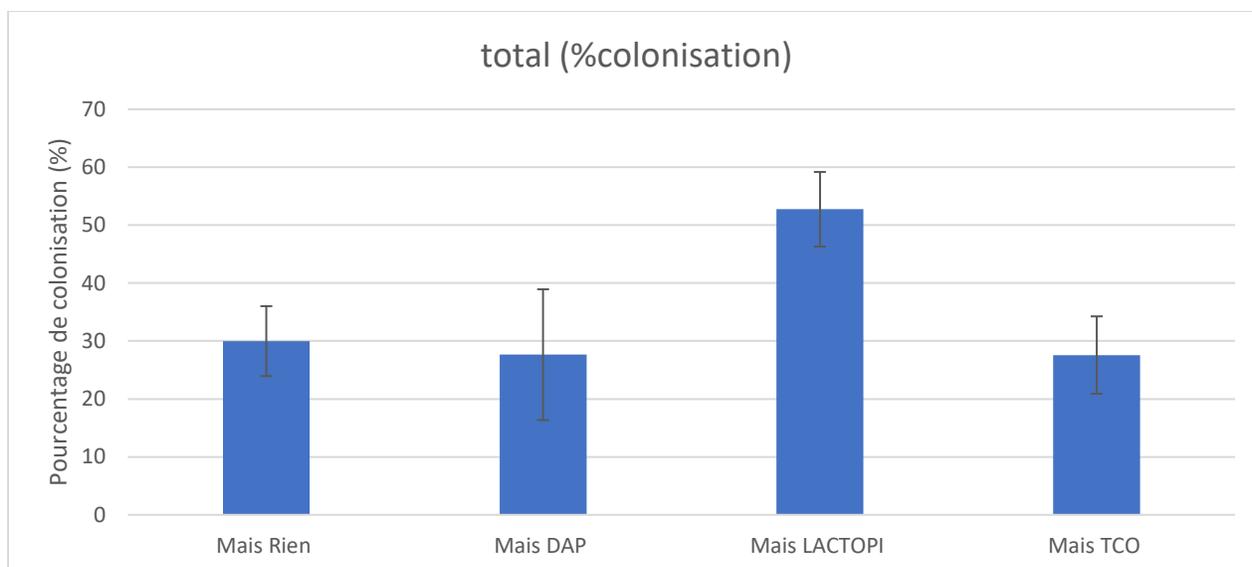


Figure 119 : Taux de sporulation

Sur les graphiques le taux d'arbuscules correspond en quelque sorte à l'interaction entre les mycorhizes et la plante et le taux de vésicules correspond à la reproduction du mycorhize les deux donnent un indice sur la présence et l'abondance de ces dernières mais ne permet pas de conclure sur l'abondance des interactions avec la plante. En effet les mycorhizes présentant plus de spore ont très bien pu avoir un taux d'arbuscule plus élevé quelques semaines plus tôt. Ici Seul la modalité Lactopi semble favoriser plus les mycorhizes que les autres avec presque le double de colonisation en plus, cependant ces résultats ne s'observent pas sur le rendement. A la lecture de la littérature, le DAP semblait avoir un impact négatif sur les mycorhizes, on n'observe pas ce phénomène ici. En revanche on voit une plus forte hétérogénéité de la colonisation dans cette modalité que l'on n'observe pas ailleurs.

A noter que les taux de colonisations sont assez importants et sont les résultats des bonnes pratiques mises en place par l'agriculteur depuis plusieurs années. Un taux de colonisation comme celui-ci se fait rare dans les parcelles agricoles actuelles.

## Conclusions

En pomme de terre, le DAP reste la meilleure modalité et le meilleur choix en terme de rendement, il permet une production supérieure de presque 10 tonnes à la deuxième meilleure modalité, une différence trop élevée pour permettre un résultat économique satisfaisant. Des améliorations sont encore nécessaires en pomme de terre.

En maïs, les résultats sont assez étonnants et peuvent être en partie expliqués par le précédent (colza broyé) qui a été conduit comme une culture. On peut donc supposer qu'il n'y avait pas de carences et que tous les éléments nécessaires étaient disponibles pour la plante. Ces résultats posent questions des apports d'éléments minéraux lors d'un semis après un colza fertilisé et détruit (à confirmer avec d'autres essais). De plus il est probable que ce genre de formulation fonctionne mieux en diminution d'azote, ce qui n'était pas le cas ici.

D'autres produits ont été plus concluants (3.2.1) en remplacement de l'azote minéral au semis. En revanche d'autres essais sont à effectuer notamment sur les théés de compost et extrait de plantes (via le

projet GAA Phytobiome qui devrait donner lieu à des essais de ce type). C'est aussi un travail sur la durée qui doit être effectué. En effet, ce sont des produits naturels basés sur des mécanismes naturels qui prennent plus de temps à être enclenchés. Ce type d'essai sera donc reconduit avec d'autres formulations et applications pour maximiser leur potentiel. Il sera intéressant de trouver une formulation qui rend le phosphore et le potassium plus assimilable car c'est ce qui semble avoir impacté le plus le rendement de des pommes de terre.

Il est aussi probable que la réponse de ce type de biostimulant soit différente selon les cultures, les années et les types de sol/qualité des sols.

## 4 Amélioration de la fertilité des sols par l'optimisation des couverts végétaux

### Contexte

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

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

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

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

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

## 4.1 Influence des espèces du couvert et leur gestion dans la culture suivante

### Essai de la diversifications des espèce de couvert 2021 avant betteraves

Pour bien comprendre l'effet des couverts sur la betterave, nous allons commencer par présenter les grandes lignes de l'essai *nombre d'espèces dans le couvert*. La plateforme de Ramillies est située sur une parcelle limoneuse (Aba1), dans la zone IIa de la zone de captage de Mont Saint-André (Ramillies - Brabant Wallon). Elle a été mise en place avec le soutien de la SPGE (financement des analyses et dédommagement de l'agriculteur) et de la SCAM SC (fourniture des semences).



Dans le cadre de la collaboration avec la SPGE, la plateforme devait obligatoirement se trouver dans une zone de contrat de captage (ZCC) problématique. La ZCC de Ramillies a été choisie car elle remplissait cette condition, tandis qu'une parcelle (C.P., agriculteur à Ramillies, au Nord de la ZCC) remplissait d'autres critères précis : (1) avoir une situation centrale en Wallonie ; (2) bonne accessibilité ; (3) sol et topographie homogènes ; (4) après une culture de céréale et avant une culture de printemps ; (5) accord et collaboration de l'agriculteur pour installer une plateforme chez lui.

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



Figure 120 : Photo aérienne de la plateforme à Ramillies en 2021. Crédit : F. Hupin

#### Objectifs

Les objectifs principaux de cette plateforme sont :

- Sensibiliser les agriculteurs sur l'intérêt des couverts diversifiés ;

- Mesurer l'effet de la composition des couverts sur 1) les reliquats azotés (APL) 2) la production de biomasse/fourrage 3) la structuration du sol ;
- Identifier les mélanges les plus adaptés aux conditions climatiques ;
- Mesurer la dynamique de l'azote dans le cas de couverts composés de plus de 50% de légumineuses (hors PGDA).
- Identifier des techniques de destruction les plus adaptées, en fonction de la composition des couverts ;
- Identifier l'effet sur la culture de betterave qui suit.

### Dispositif expérimental et protocole

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

Tableau 5. Itinéraire technique de la plateforme Ramillies 2021

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

La plateforme mise en place est une succession de 11 mélanges de couverts différents, semé de bandes parallèles de 6m de large sur 70m de long



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

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

N = nombre d'espèces différentes dans le couvert. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** reprend toutes les informations concernant la composition, les densités et les intérêts de chaque mélange.

Tableau 6 : Description des couverts de la plateforme de Ramillies 2021

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

## Résultats et interprétation

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

### Biomasses

Le développement des couverts a été mesuré le 23/11 (70 jours après le semis). Chaque modalité a été échantillonnée deux fois (1m<sup>2</sup> par échantillon). Un des échantillons a été trié pour déterminer les proportions de chaque espèce au sein du couvert. Les échantillons ont ensuite été séchés pendant 72h à 60°C dans un étuve pour déterminer leur masse de matière sèche (Figure 121). Plusieurs observations peuvent être réalisées sur base de ces résultats :

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

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

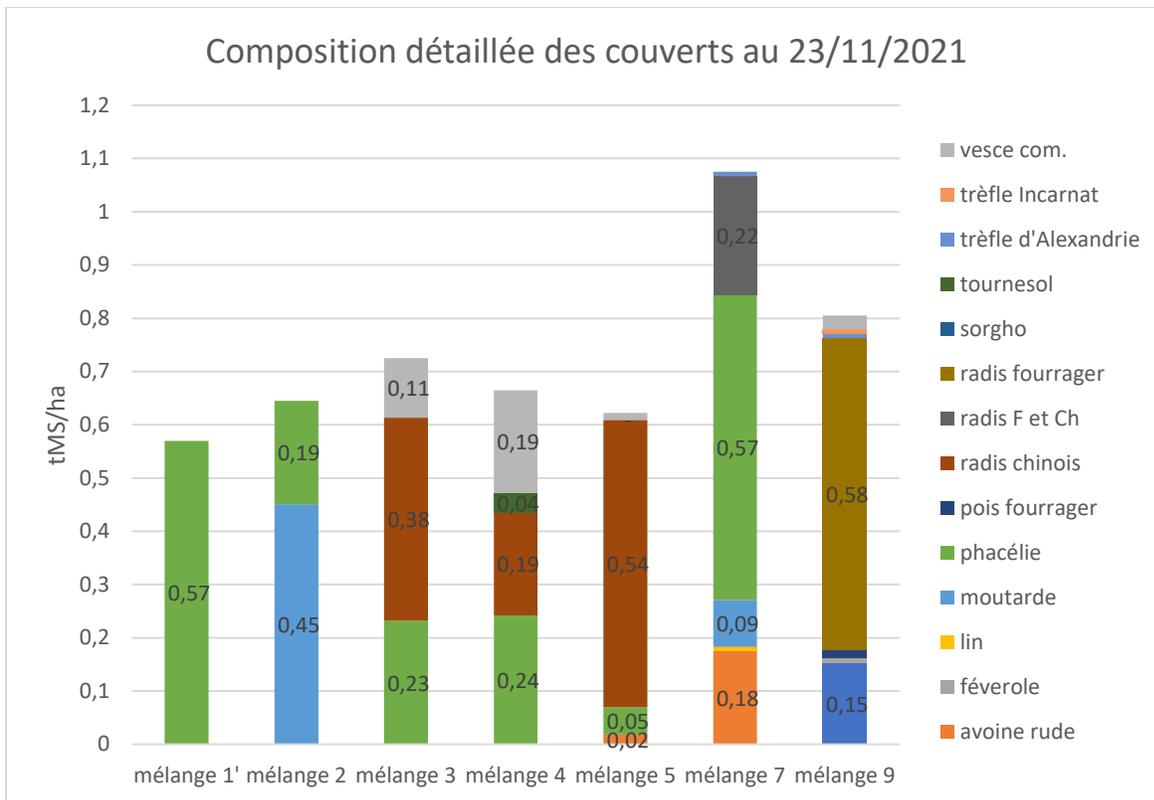


Figure 121. Composition détaillée des couverts au 23/11/2021.

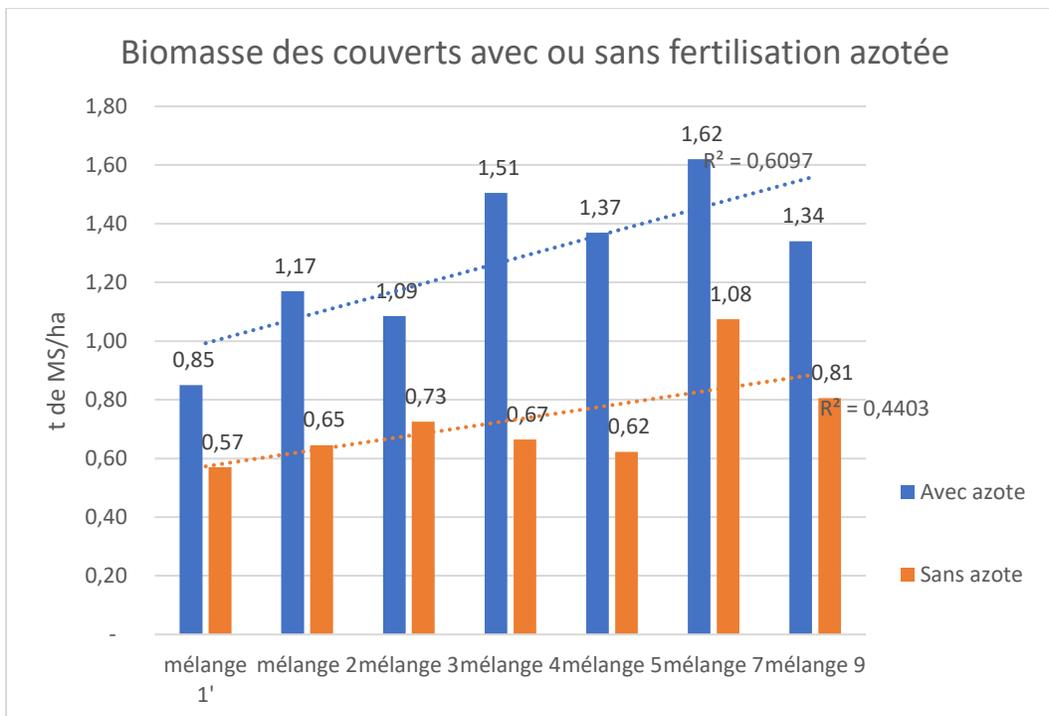


Figure 122 : Biomasse des couverts avec ou sans fertilisation azotée

## Effet Piège à Nitrate

Une analyse des reliquats azotés globaux a été faite le 25/08 sur la parcelle, au moment de l'export des pailles et avant le 1<sup>er</sup> déchaumage.

Tableau 7. Reliquats post-moisson au 25/08

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

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

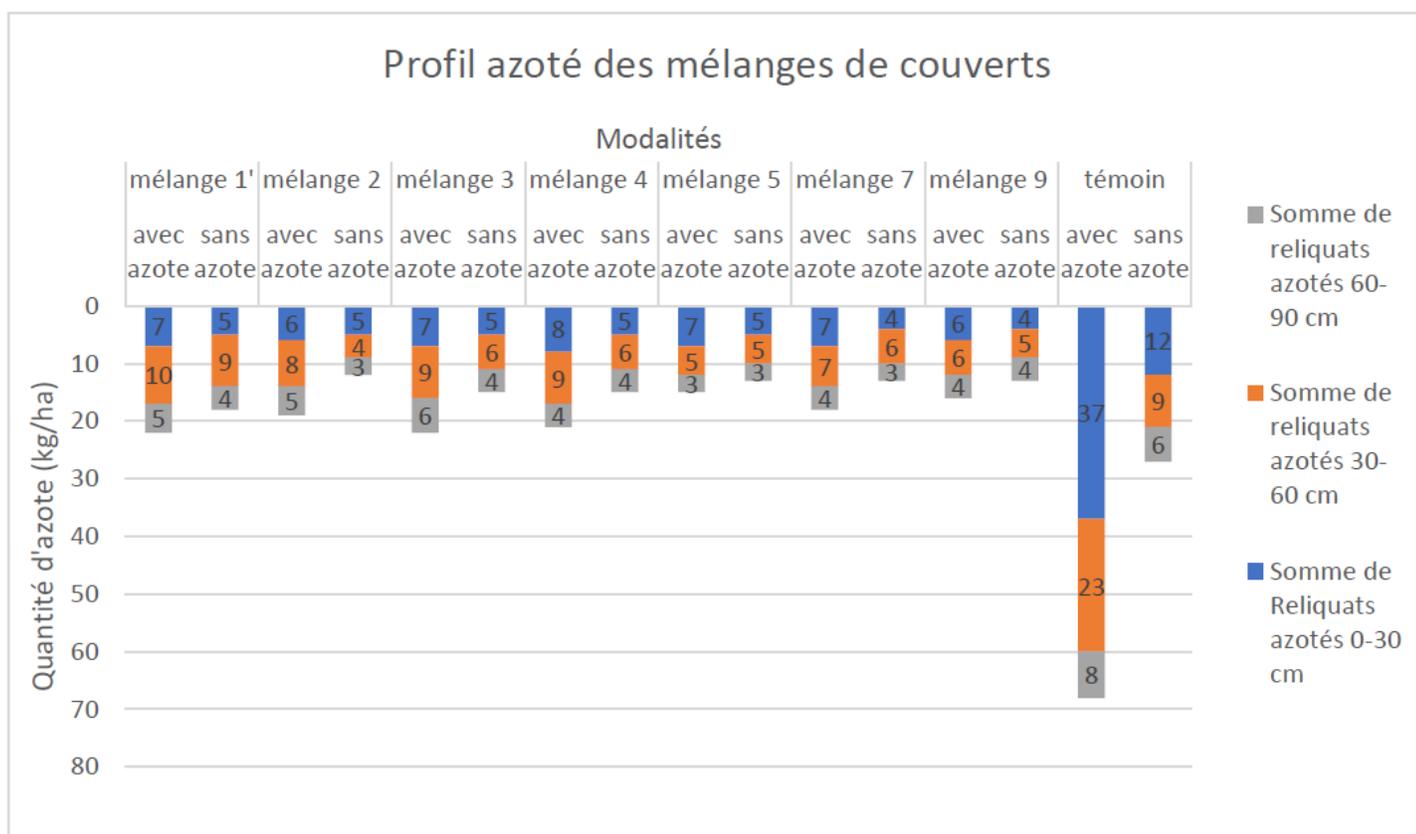


Figure 123 : Reliquats APL au 30/11/2021 sur la plateforme Ramillies 2021. Le témoin correspond à une placette non semée, couverte uniquement par quelques repousses de céréales.

Les reliquats APL ont été analysés le 30/11 dans les 7 mélanges que nous avons conservés (voir explications plus haut), on a pris les reliquats aussi bien dans le couvert fertilisé (30 unités le 15 septembre) ou non ainsi que dans le témoin sol nu. Ce dernier révèle les APL les plus élevés allant jusque

(68kNmin/ha) lorsque l'on a mis de l'azote sur un sol nu. Ce graphique montre bien que tous les couverts même adjugenté de 30 unités d'azote ont bien réussi à capter l'azote pour l'éviter de filer. Le couvert avec azote le plus élevé est de 22 unités d'N sur le profil, bien que tout de même très modérés dans l'absolu<sup>3</sup>.

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

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

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

### Structuration du sol

Pour estimer l'effet des couverts sur la structuration du sol, nous avons réalisé des tests VESS<sup>4</sup> sur trois zones : le témoin (uniquement repousses de céréales) et deux couverts.

La Figure 124 illustre une bêchée moyenne prélevée dans le mélange 4. On observe distinctement les deux horizons (0-15cm et 15-30cm). La structure très friable de l'horizon 1 est essentiellement due aux deux déchaumages estivaux qui ont fragmenté le sol. Les racines et l'activité microbienne ont seulement « fini le travail », grandement facilité par la bonne aération du sol. L'horizon 2, plus compact, est lié à l'historique de la parcelle (anté-précédent chicorée + labour). Le sol a été fragilisé par l'arrachage et par le travail du sol. Le blé d'hiver a légèrement restructuré cet horizon (quelques racines grises visibles) mais moins efficacement qu'un travail du sol. Le couvert en place continue de restructurer le sol (racines blanches), aidé par la microfaune du sol mais il faudra encore 1 an ou 2 avant de retrouver un sol bien structuré. On peut également déceler une faible semelle de labour sous l'horizon 2 (flèches jaunes).

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

Scores finaux :

---

<sup>3</sup> Selon les données de Protect'eau, les APL se situent en général entre 35 et 60kNmin/ha à cette période

<sup>4</sup> <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2018/08/Guide-m%C3%A9thode-beche-web.pdf>

- Témoin : Sq3, bioturbation peu présente ;
- Mélange 2 (Phacélie/moutarde) : Sq 2, bioturbation majoritaire ;
- Mélange 4 (Phacélie/Radis chinois/Tournesol/Vesce commune) (Figure 124) : Sq 2, bioturbation majoritaire.



Figure 124: Bêchée prélevée dans la zone "Mélange 4". Crédit : B. Henry

### Conclusions

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

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

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

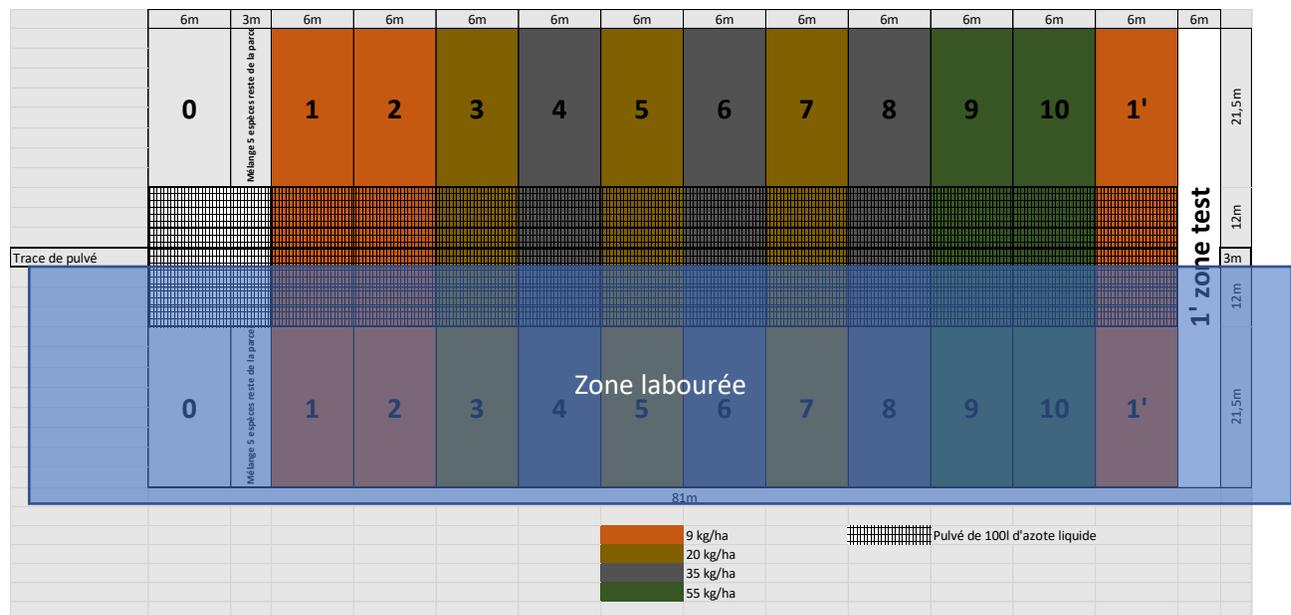
Ces constats/réflexions nous amènent également à penser que pour maximiser le potentiel des couverts et pour avoir le meilleur retour sur investissement possible, il pourrait être intéressant d'éviter de les détruire en entrée d'hiver et de continuer à les laisser se développer jusqu'au printemps. Dans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

## 4.2 Influence du couvert et sa gestion en labour ou en TCS avant l'implantation de betterave

### Objectifs

L'objectif est de pouvoir identifier, en fonction de la biomasse, du couvert et du type de couvert son influence sur le rendement de la betterave qui suit.

L'essai a été poursuivi exactement sur le même dispositif que l'essai couvert expliqué juste précédemment. L'agriculteur a labouré toute la parcelle et a laissé sur la partie supérieure du plan ci-dessous une bande du couvert non labourée. Le couvert a donc passé tout l'hiver 2021-2022 et a été détruit à l'aide d'un déchaumeur à disques (sans glyphosate) quelques jours avant le semis de la betterave.



### Résultats et interprétation

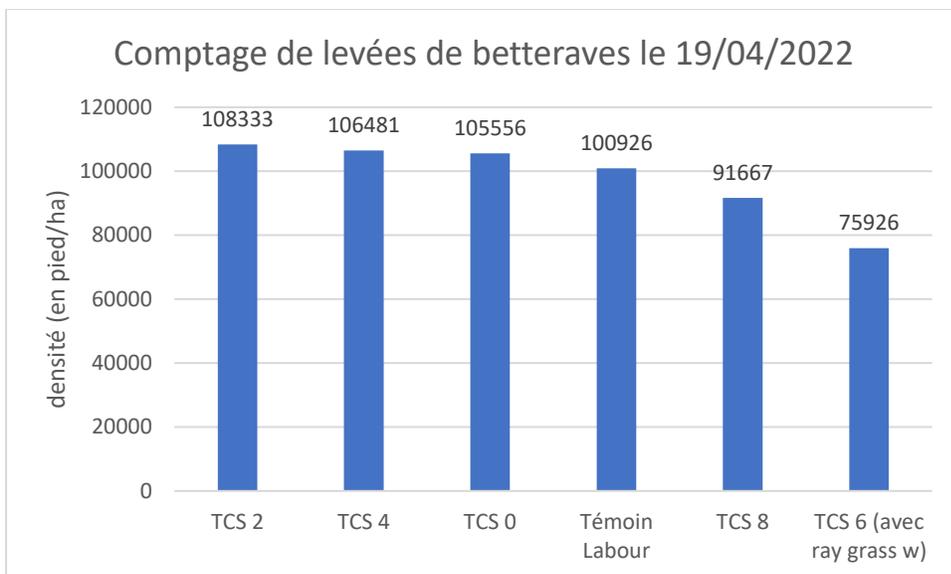


Figure 125 : comptage de levée des betteraves à Ramillies dans la partie TCS comparé au témoin labour

La levée n'a pas été freinée dans la partie TCS moutarde/phacélie (2), Radis chinois / phacélie / vesce / tournesol (4) et dans le TCS sans couvert comparé au témoin labour. En revanche le mélange avec 8 espèces avec de l'avoine et le mélange 6 espèces avec du ray-grass Westerword ont une moins bonne levée. Cela s'explique par le fait qu'il y a eu une mauvaise destruction mécanique de ces 2 graminées (essai sans glypho). Des repousses ont freiné la levée et le ray-grass a même résisté au programme phyto FAR de désherbage classique betterave.

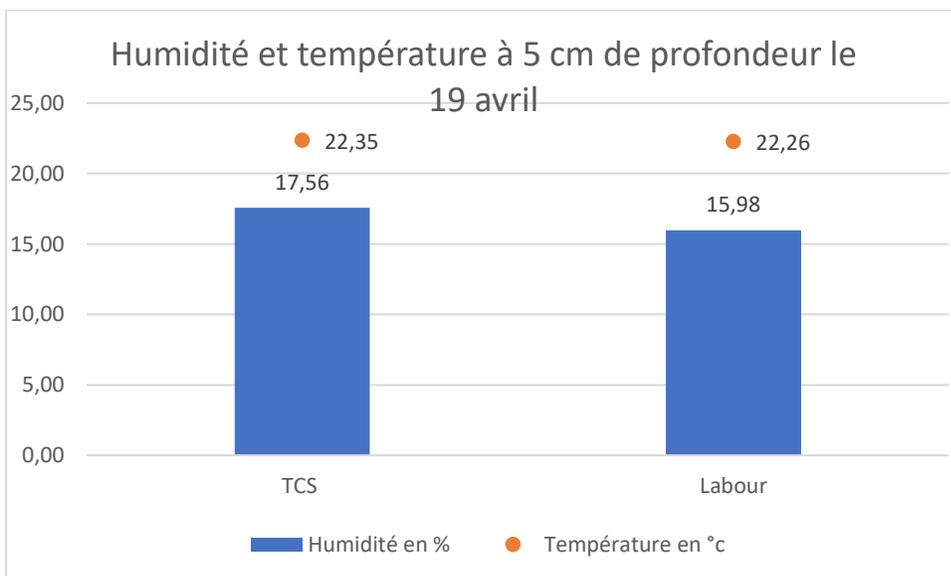


Figure 126 : Humidité et température à 5cm de profondeur le 19 avril

La température est presque équivalente. Cependant l'humidité à 5cm est un peu plus importante en TCS et cela provient sûrement de la réduction du travail du sol.

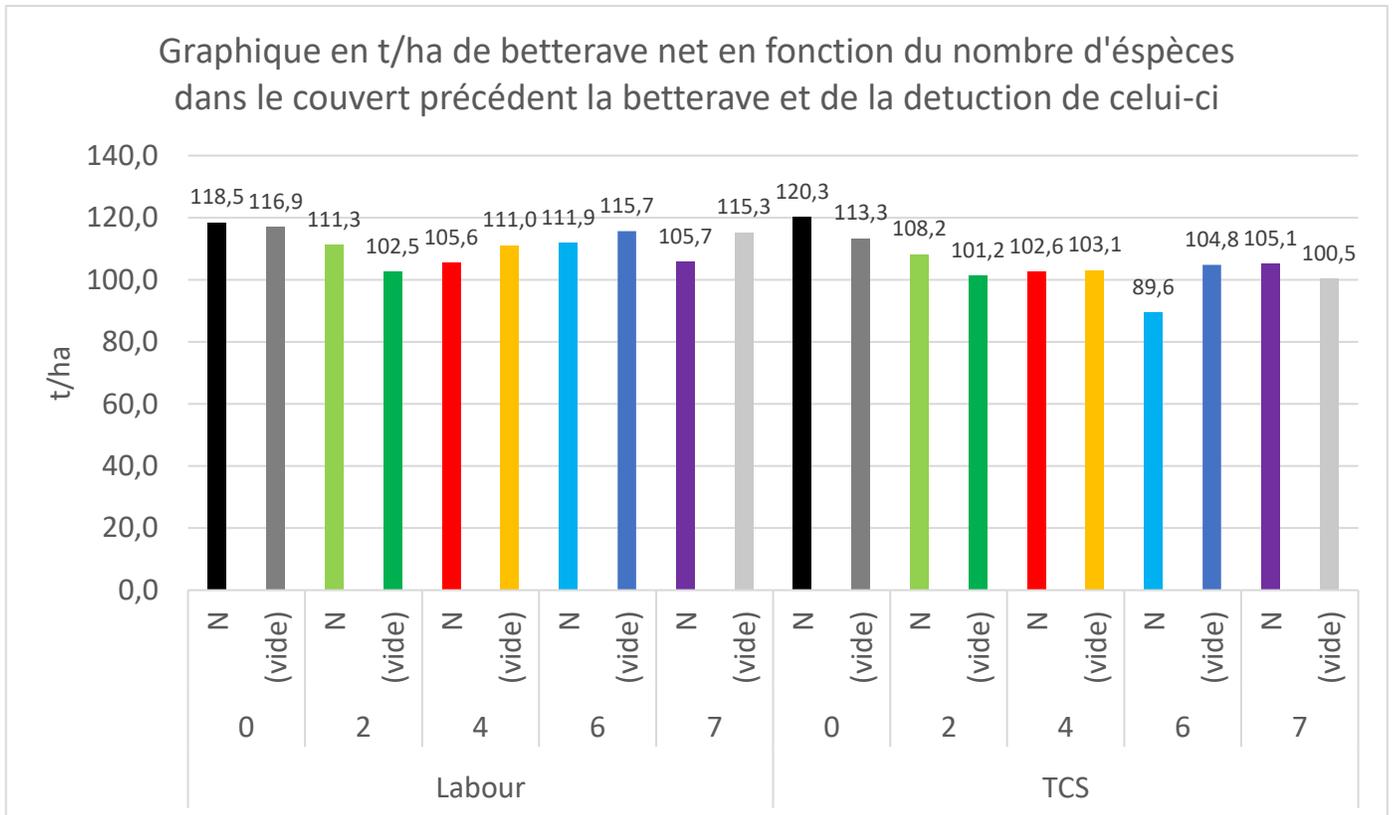


Figure 127 : rendement des betteraves en fonction du mode d'implantation de la betterave et de si on a mis 30 unités d'N ou non sur le couvert

On remarque que le labour donne de meilleurs rendements moyens que le TCS (moyenne labour 111t et moyenne TCS 105t). Le meilleur rendement est lorsque l'on ne met pas de couvert (noir-gris). Mais d'un autre côté ce couvert va permettre d'augmenter le taux d'humus et dans le long termes les bénéfiques vont, espérons-le, ressortir. L'effet de l'azote sur le couvert (30 unités le 14 septembre) et donc de la biomasse du couvert donne plus de rendement dans les modalités en TCS. Il y a bien une exception pour la modalité 6 (bleu). Le couvert 6 est bien plus bas que la moyenne en TCS, il était composé de ray-grass qui a repoussé après le semis de la betterave ce qui explique cette concurrence cependant le labour a été positif contre ces repousses. En labour le fait d'avoir une grosse biomasse dû à l'azote sur le couvert précédent a souvent eu un effet négatif sur le rendement sauf pour le couvert 2 (vert) composé de moutarde phacélie où le rendement est positif avec l'augmentation de la biomasse.

Le rendement de la parcelle complète donné par l'agriculteur est de 96 tonnes à 18% de sucre.

### Conclusions

Le fait d'avoir mis de l'azote sur le couvert précédent permet en TCS d'avoir de meilleurs résultats en betterave. L'apport d'azote sur le couvert sans avoir de reliquat peut être vu comme un fractionnement de l'azote pour la future betterave. Le fait de ne pas utiliser de glyphosate sur des graminées de type avoine et ray-grass influence aussi fortement le rendement de la betterave qui suit surtout en TCS. Les betteraves en labour sont en moyenne plus belle que les betteraves en TCS.

## 4.3 Implantation des couverts

### 4.3.1 Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale avec enrobage

#### Hypothèses

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

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

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

Ces organismes ont alors testé de coller des graines plus petites ou trop peu denses pour permettre un épandage homogène sur toute la largeur. La mélasse joue le rôle de colle entre les différentes semences et l'argile joue le rôle d'asséchant pour former de belles billes pour un épandage homogène<sup>5</sup> Il est à noter que les doses d'argile et de mélasse sont un peu sous-estimé et que lorsque l'on a de grosse graine comme le tournesol les doses sont à revoir à la hausse.

#### Objectifs

Un des principaux facteurs de réussite d'un couvert est la date de semis. Un semis juste après la récolte donne souvent de meilleurs résultats notamment grâce à une meilleure préservation de l'humidité mais aussi un temps de pousse plus élevé. L'objectif principal est donc de minimiser les temps où le sol est nu. Ainsi le couvert prend le relais presque immédiatement après la récolte. Une racine vivante est ainsi toujours présente et vivante pour maximiser les bénéfices du couvert. Le but est d'ainsi de profiter de l'humidité résiduelle encore présente sous la céréale qui sert de mulch pour éviter ou diminuer l'évaporation de l'humidité. La technique mérite tout de même quelques prérequis notamment au niveau de l'enrobage (Agro Transfert RT, 2020), il est donc important d'obtenir un semis homogène. Le résultat recherché est donc une optimisation des couverts avec un couvert qui germe au moment de la moisson sans impacter le froment ni la pousse du couvert. L'objectifs des essais est donc de tester à technique en fonctions des conditions météo pour observer les dynamiques de pousses et conseiller au mieux les agriculteurs sur ce sujet.

#### Dispositif expérimental et protocole

Deux enrobages différents ont été testés dans l'essai. Un premier, classique, avec 1/6 de mélasse et 1/3 d'argile du poids de semence des couverts. L'autre modalité a été enrobé avec le même mélange mais

---

<sup>5</sup> <http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/pellet/index.html>

avec ajout d'une charge pour faciliter l'épandage et homogénéiser le semis. Ici la charge utilisée était du TMS de chez TMCE mais un autre produit peut être utilisé.

Un hectare a été prévu dans la parcelle pour l'essai. L'épandeur à engrais a été séparé en deux pour l'essai, un côté pour le mélange de semences enrobée avec de la mélasse et de l'argile et un autre enrobé avec du TMS (charge) et de la mélasse avec de l'argile. Ces mélanges ont été fabriqués durant le festival de l'agroécologie et de l'agriculture de conservation (FA<sup>2</sup>C) le 22 juin à Meux.

Le couvert est composé de radis chinois, trèfle d'Alexandrie, de Phacélie et de Vesce commune.

Le mélange a été épandu 1 semaine avant la moisson, le 20 juillet.

### Résultats et interprétation

La structure du sol sur l'essai n'était pas optimale pour ce type d'essai, la parcelle avait été abîmée par une récolte de betteraves tardive l'année précédente, ce qui a donné lieu à des tassements malgré le labour effectué. On observe bien sur le test à la bêche plusieurs zones compactes (Figure 128), une première superficielle reprise par le travail du sol au semis du froment qui est assez grossière avec quelques mottes fermées, une deuxième à 10 cm qui a été reprise par le labour mais qui présente un degré de compaction supérieur avec des mottes plus grosses. L'horizon sous le labour présente une petite semelle mais qui commence à être traversé par des racines.



Figure 128 : Structure du sol de l'essai

L'essai a fait l'objet d'un suivi dont les résultats sont présentés dans les figures ci-dessous. Le couvert a été difficile à lever, dû à la faible pluviométrie et la structure superficielle du sol peu adaptée à ce genre de semis. Les premières germinations ont été constatées début août. Le couvert s'est ensuite développé doucement en fonction de la pluviométrie. Nous avons constaté une majorité de phacélie et de radis avec quelques vesces. Les racines plus fortes de ces espèces semblent plus adaptées à la structure du sol.



Figure 129 : couvert le 11-08-2022 Figure 130 : Couvert le 08-09-2022 Figure 131 : Espèces présentes dans le couvert

Comme présenté précédemment, la parcelle comportait quelques problèmes de structure, ceci est clairement illustré par la Figure 132. Ceci est le signe que la compaction à 10cm est problématique pour le passage des racines.



Figure 132 : Racine de Radis chinois ayant buté sur une zone de compaction

Nous avons voulu comparer les différences d'homogénéité du semis avec les deux techniques d'enrobage. Nous avons observé un effet clair de l'intérêt d'apporter une matière de charge dans le mélange (ici du TMS) pour favoriser le flux d'épandage mais aussi pour avoir une meilleure balistique et un semis homogène sur toute la largeur. La figure 134 montre le couvert à l'extrémité de l'épandeur, l'homogénéité

n'est pas suffisante pour cette modalité. En revanche la modalité TMS a montré de bons résultats d'homogénéité même à l'extrémité de l'épandage (36m).



Figure 133 : Couvert le 1-12-2022, modalité TMS    Figure 134 : Couvert le 1-12-2022 modalité enrobage mélasse-argile

La biomasse finale est de 2,1 T/MS soit un peu au-dessus de la moyenne de nos prélèvements de l'année.

### Conclusions

La technique de semis à la volée avant moisson est testée cette année en année sèche, la germination n'a pas été aussi rapide qu'attendu, l'humidité résiduelle n'était pas suffisante pour permettre un bon démarrage. C'est aussi un mode de semis qui fonctionne mieux sur un sol « vivant », avec une bonne structure (fait déjà observé sur nos essais 2021). Ceci est peut-être un biais dans les résultats de l'essai. Un enseignement de plus est apporté par l'essai, les conditions de semis doivent être similaires au semis direct, les parcelles compactes avec une structure non adaptées sont à proscrire pour le semis à la volée.

La formulation de l'enrobage des semences méritait une amélioration pour avoir un semis homogène. L'ajout d'une matière de charge montre de bons résultats avec une couverture sur toute la largeur d'épandage. Ici c'était du TMS (transmis par la firme TMCE) qui avait été utilisé, il serait intéressant de tester d'autres produits comme des bouchons de fientes de volailles ou de billes d'engrais à faible dose (30 UN maximum) ce qui permettrait ainsi une fertilisation du couvert pour maximiser son potentiel.

#### 4.3.2 Réussir (ou pas) les couverts en conditions de sécheresse : mode d'Implantation et date de semis

### Objectifs

Les couverts d'intercultures étant au centre du système de l'agriculture de conservations des sols et jouant un rôle dans la fertilité, de nombreux essais sont mis en place pour les optimiser. Le principal frein

à leur développement est la sécheresse estivale, le problème est alors l'humidité pour faire lever le couvert. Le principal objectif du semis direct est donc de booster la levée pour évaporer le moins possible d'humidité est donc de garder la porosité et la capillarité du sol.

### Dispositif expérimental et protocole



Le dispositif de l'essai est simple et fait plutôt l'objet d'un suivi dans le cadre des partenariats avec Faunes et biotopes dans le cadre d'un projet sur l'optimisation des couverts agroenvironnementaux pour la protection de la petite faune des plaines.

L'agriculteur a ainsi reçu une compensation de 30€/ha pour un semis direct du couvert, ce qui permet de garder en surface les graines et les chaumes de céréales, qui sont un garde-manger et un abris pour les oiseaux et la petite faune des plaines.

Dans cet essai nous avons coupé la parcelle en deux, sur un côté le couvert a été semé en direct avec un semoir à dent (Amazonie Cayena), sur l'autre il a été semé avec le même semoir après travail du sol quelques jours après la moisson.

La biomasse a été prélevée le 1<sup>er</sup> décembre 2022 en récoltant 1m<sup>2</sup>, en séparant les espèces et en pesant les biomasses humides et sèches après le passage aux étuves du CRA-W. Ces prélèvements ont été répétés 4 fois dans chaque modalité.

### Résultats et interprétation

Le couvert a germé tardivement du fait de la faible humidité des conditions de l'année, en revanche une fois germé après les premières pluies, l'absorption de l'eau a été plus efficace en semis direct. En effet la capillarité y a été maintenue et on observe une différence visuelle dès le départ, la modalité SD est plus verte et plus développée. Ce résultat est aussi la conséquence de la bonne structure du sol de la parcelle, les mottes de surface sont assez fines et grumeleuses avec des traces de vie biologique, favorable au semis direct (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). On observe tout de même un horizon plus compact à 15cm mais qui ne gêne pas le passage des racines.



Figure 136 : Couvert en semis direct à droite, et en TCS à gauche (le 08/09/22) Figure 135 : structure du sol dans l'essai

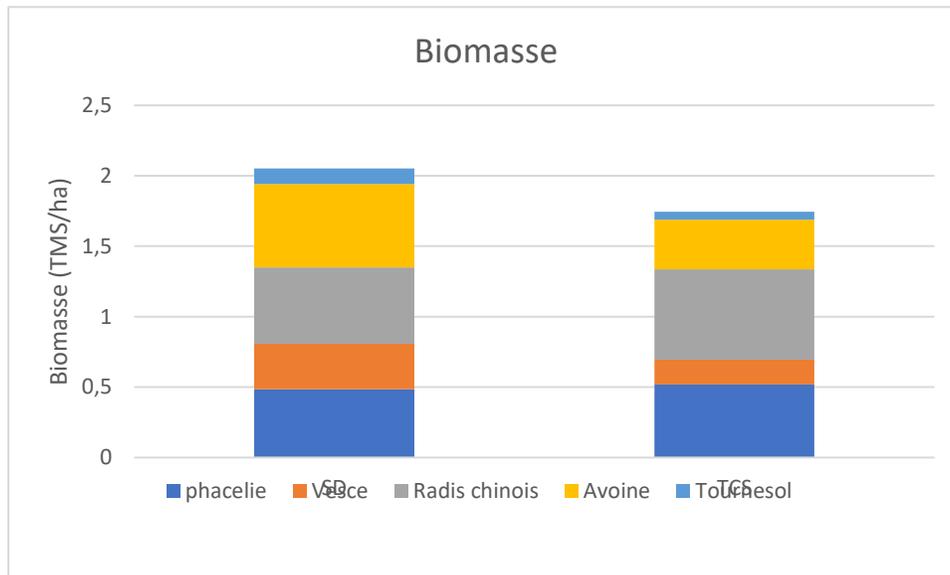


Figure 137 : Biomasse en fonction des espèces

Lorsque l'on observe la biomasse produite par chaque modalité, on observe une baisse de 16% du rendement (-0,3 tonnes de MS/ha). Cette différence de rendement s'explique par le plus fort développement dans le mélange de la vesce et de l'avoine. Nous avons déjà observé par le passé que les légumineuses se développaient plus facilement dans des situations où l'azote était peu développé, ici le travail du sol a entraîné une plus forte minéralisation au détriment du développement de la vesce. Concernant l'avoine, le phénomène semble se passer du côté des conditions de germination, en effet les besoins de germination de l'avoine sont une terre humide et chaude (Triboulois et al. (2018)). Le semis direct a gardé l'humidité ce qui a probablement favorisé le développement de l'avoine.

## Conclusions

Le semis direct en année sèche sous bonne structure permet ou en tout cas a permis de produire plus de biomasse. Ici toutes les conditions de réussite nécessaire au semis direct étaient réunies et participent à ce bon résultat. Le non-travail du sol a permis un plus fort développement des légumineuses, stratégie qui permettra de produire plus d'azote organique disponible pour la culture suivante avec moins de charge. En cas d'absence de compaction à la moisson (voir essai 2021), où la compaction avait été défavorable au semis direct, en année sèche le semis direct à dent semble être une bonne solution pour optimiser les couverts et leurs effets bénéfiques sur le système.

### 4.3.3 Etude de la biomasse du couvert en fonction des Itk

#### Objectifs

L'été 2022 a été le plus sec jamais enregistré. Beaucoup d'agriculteurs se sont posé la question de savoir comment ils allaient implanter un couvert d'interculture dans ces conditions. Nous avons donc fait une enquête auprès d'agriculteurs volontaires pour identifier les bonnes pratiques réalisées pour obtenir la plus forte biomasse possible en condition sèche.

## Dispositif expérimental et protocole

Après la réalisation d'une enquête, plus de 42 agriculteurs ont répondu favorablement pour connaître la biomasse de leur couvert et pour savoir ce que leur couvert va leur rendre avec la méthode Merci. Les parcelles se situent sur toute la Wallonie avec des régions agricoles bien différentes.

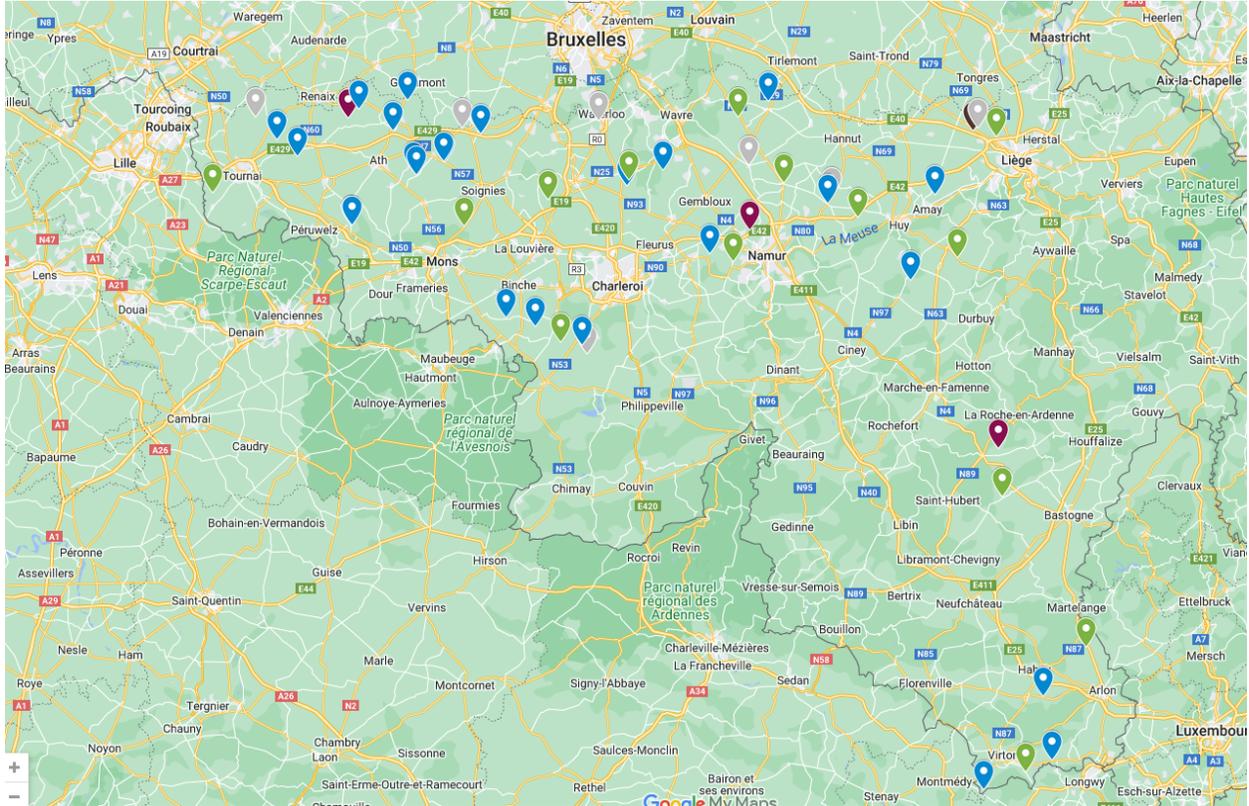


Figure 138 : Carte des emplacements des différentes parcelles à échantillonner

Dans l'enquête plusieurs points ont été récoltés pour discuter les résultats et comparer les données de biomasses des couverts. Pour les 42 agriculteurs ayant participé, les infos suivantes ont été récoltées :

- Compostion du couvert (espèces et densités)

- La densité de semis de chaque espèce
- Le type de sol
- La région agricole
- Le taux d'humus s'il est connu de l'agriculteur
- Moisson 2022 et si paille exportée ou non
- Date de la moisson
- Précédent et anté-précédent
- Travail du sol pour le semis du couvert
- Type de semoir
- Date de semis du couvert
- Apport et de quel type et quantité/ha
- Destruction du couvert voulue
- Culture suivante
- Date de la biomasse
- Station météo la plus proche et pluviométrie de mai à septembre

Les couverts sont prélevés à l'aide d'un quadrat de 1m<sup>2</sup> sur chaque parcelle à 4 reprises. Les espèces de chaque quadrats ont été à chaque fois pesées séparément. Les échantillons ont été placés à chaque fois dans l'étuve du CRA-W et dans celle du CePicOP pendant 3 jours à 70°C. Merci beaucoup à eux car sans étuves, on n'aurait pas su réaliser tout ce travail.



Figure 139 : Séchages des échantillons de biomasses à l'étuve



## Résultats et interprétation des premiers résultats

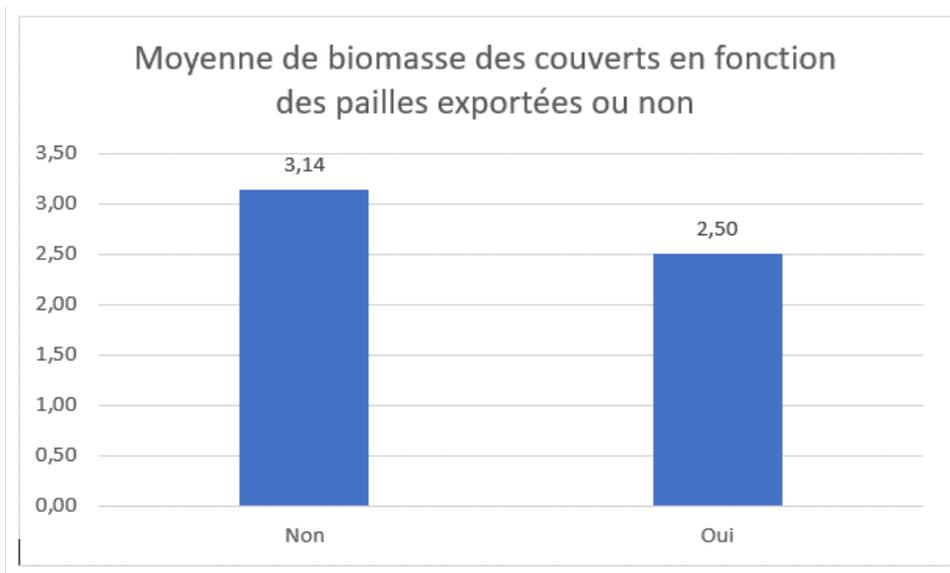


Figure 140 : Biomasse moyenne en fonction de l'export de paille ou non de la parcelle

Le fait d'avoir conservé ses pailles influence souvent la date de semis du couvert. L'agriculteur ne doit pas réaliser au préalable le chantier d'export de paille, on peut semer directement et plus tôt. Et d'un autre côté on dit toujours que conserver ses pailles peut créer une faim d'azote et ou une mauvaise levée du couvert. Ce que l'on remarque c'est qu'au final conserver ses pailles donne l'occasion d'avoir en moyenne plus de biomasse. Cela a dû jouer aussi un effet par soleil et à protéger le sol contre la perte d'humidité.

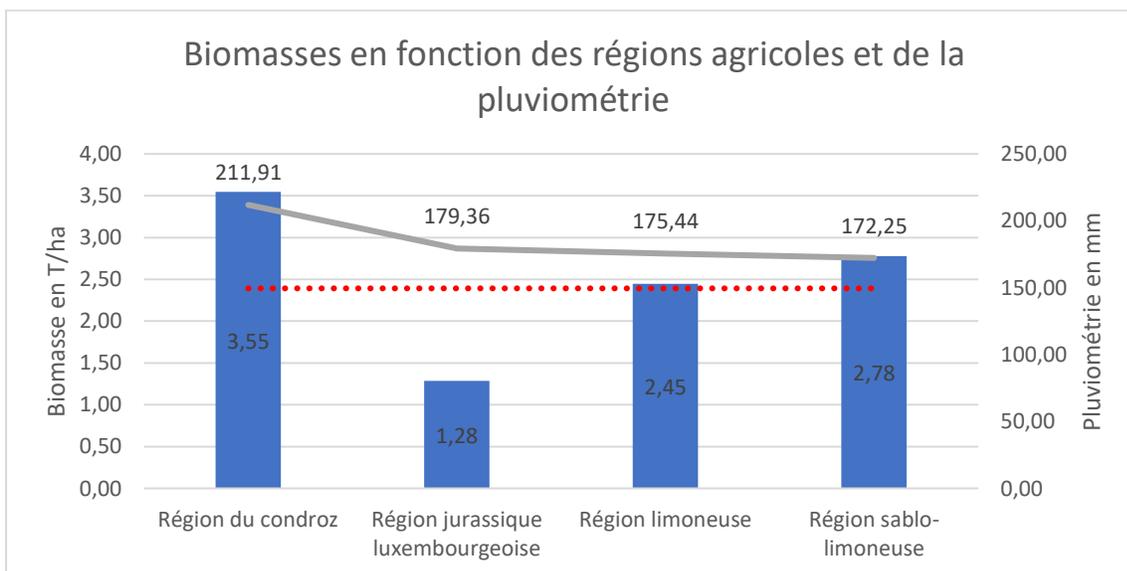


Figure 141 : Biomasse de couvert moyen en fonction de la région agricole et de la pluviométrie moyenne régionale

La ligne rouge est la moyenne de biomasse de tous les agriculteurs. La région agricole joue beaucoup sur la biomasse d'un couvert. Le type de sol et les températures cumulées, dû surtout à l'altitude, influent sur le réchauffement du sol et la minéralisation de la MO. De plus, les dates de récoltes plus tardives dans la

région jurassique obligent les agriculteurs à semer plus tard leurs couverts. On remarque que la pluviométrie influe aussi sur la biomasse mais que ce n'est pas le seul facteur. Les agriculteurs en région sablo-limoneuse devraient avoir moins de biomasse que les agriculteurs en région limoneuse en période de sécheresse justement du a cette composante sable, mais on remarque qu'à pluviométrie presque égale les agriculteurs en région sablo limoneuse sont plus haut en biomasse. Si on va voir les chiffres plus en profondeurs on a une date moyenne plus précoce de semis des agriculteurs se situant en région sablo limoneuse et dans le Condroz. Ce qui doit expliquer en partie ces résultats.

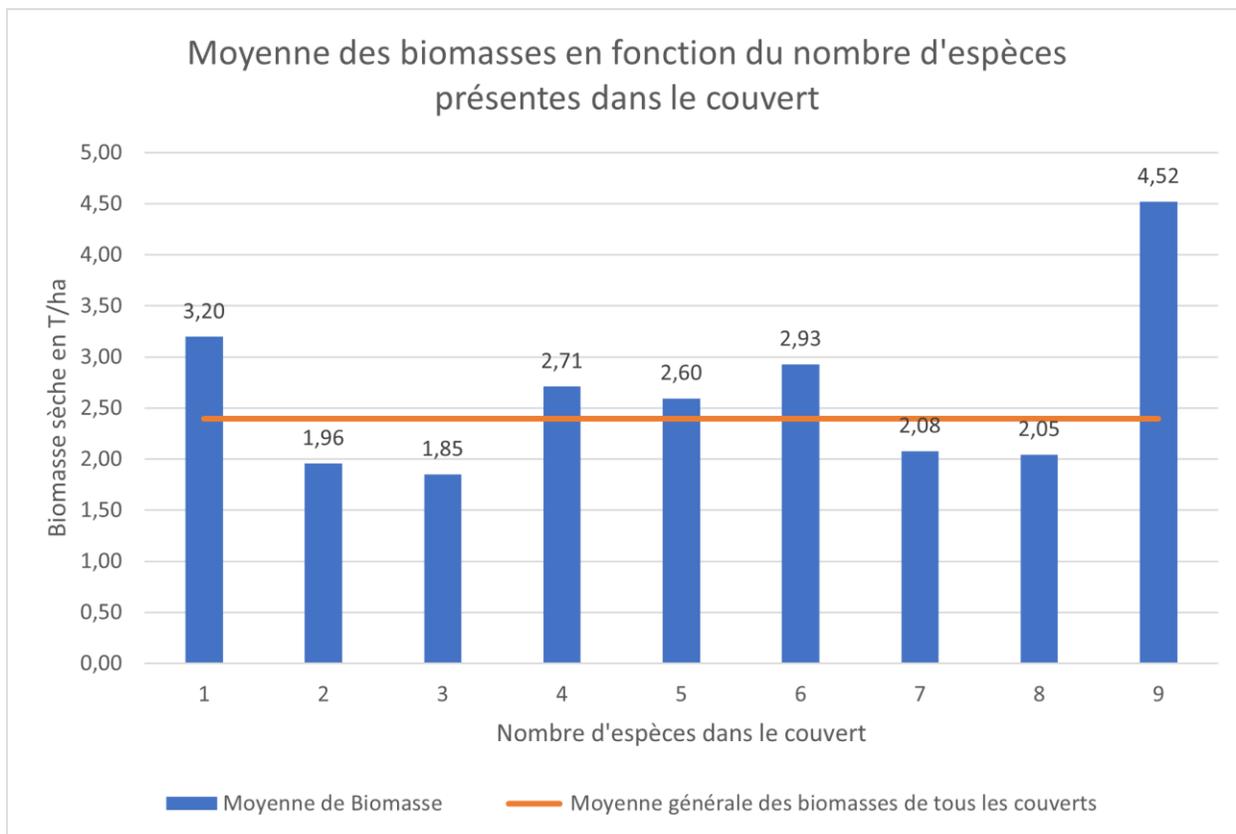


Figure 142 : moyenne de biomasse en fonction du nombre d'espèce de plante dans le couvert

Les couverts composés de 1 espèce et de 9 espèces sont les mieux classés. Dans l'enquête, il y a qu'un agriculteur qui n'avait qu'une seule espèce. Cet agriculteur avait mis 24 m<sup>3</sup> de lisier de porc avant de semer des moutardes en pur, ce qui peut expliquer cette belle biomasse. Pour les couverts composés de 9 espèces, il s'agit de 2 agriculteurs sensibles aux couverts depuis des longues années et les ayant semés tôt. En revanche dans un de ces 2 agriculteurs, 2 espèces n'ont pas été retrouvées dans la biomasse sur les 9 semées. Globalement on remarque que la plupart des agriculteurs mettent des couverts composés de 4-5-6 espèces, et ces ceux-ci qui réalisent le plus souvent une biomasse supérieure à la moyenne avec un bon équilibre en termes de présences des différentes plantes. La maximisation de la biomasse passe par un bon équilibre des espèces dans le mélange et en ayant toujours au moins 4-5 espèces dans le couvert.

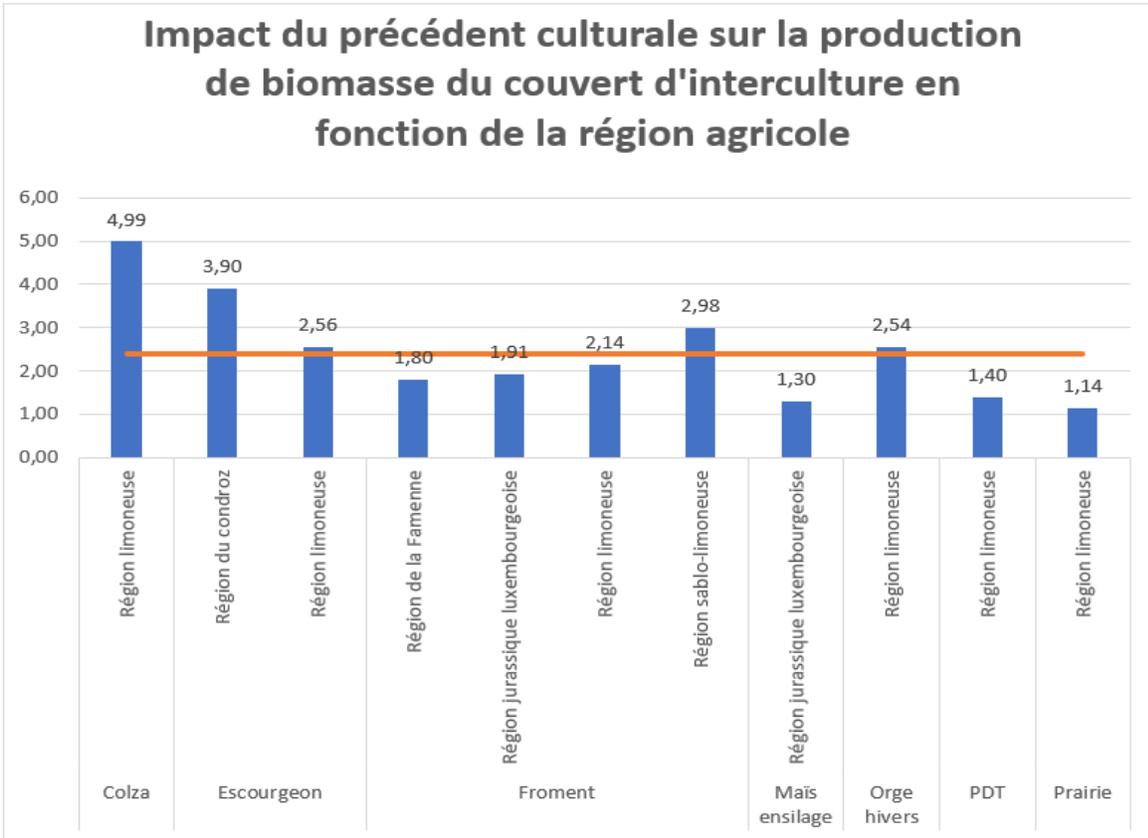


Figure 143 : Impact du précédent culturel sur la biomasse moyenne du couvert

Le colza (associé dans ce cas-ci) est le meilleur précédent. La structure laissée par un colza est une des meilleures structures que l'on puisse avoir. L'escourgeon par sa date de récolte précoce libère plus vite la parcelle et permet à l'agriculteur de semer tôt. On remarque même que les terres du Condroz ont mieux conservé l'humidité qu'en région limoneuse au vu de la biomasse. Avec comme précédent du froment d'hiver, la région influence aussi cette biomasse et est plus ou moins dans la moyenne globale en termes de résultat biomasse. Le précédent maïs ensilage n'est pas le seul gros facteur qui influence le semis tardif et la biomasse faible du couvert. La région agricole jurassique bride aussi d'une certaine manière le potentiel des espèces. Les pommes de terre est le moins bon précédent, surtout dû au travail du sol important et à la date de semis du couvert plus tardive. Même résultat en prairie temporaire détruite tardivement.

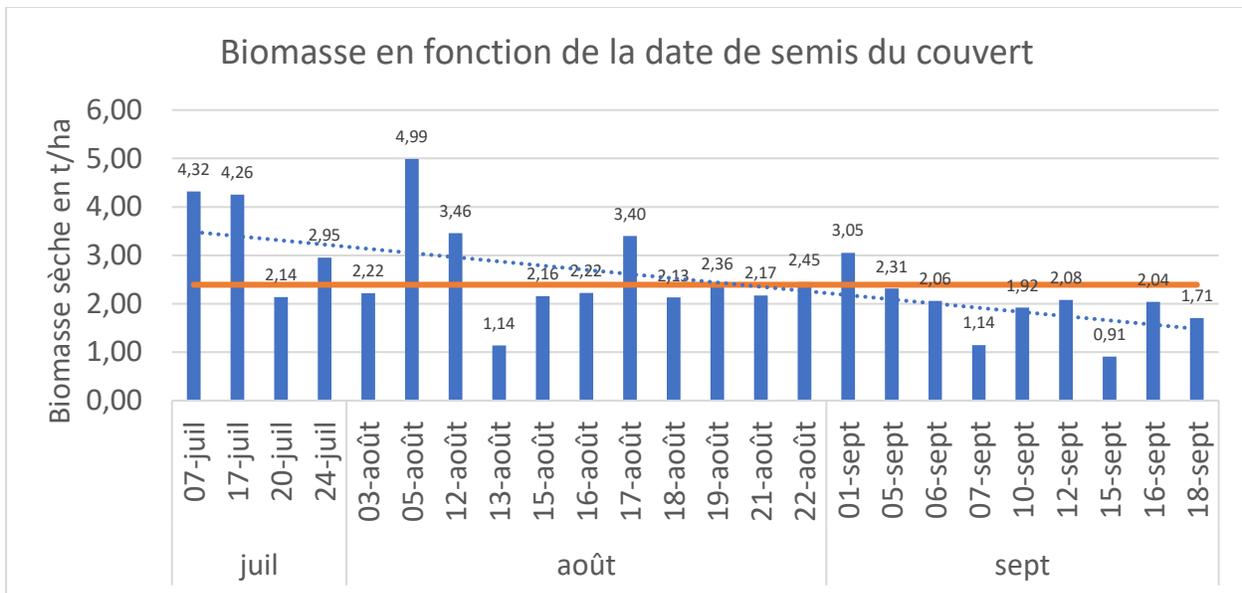
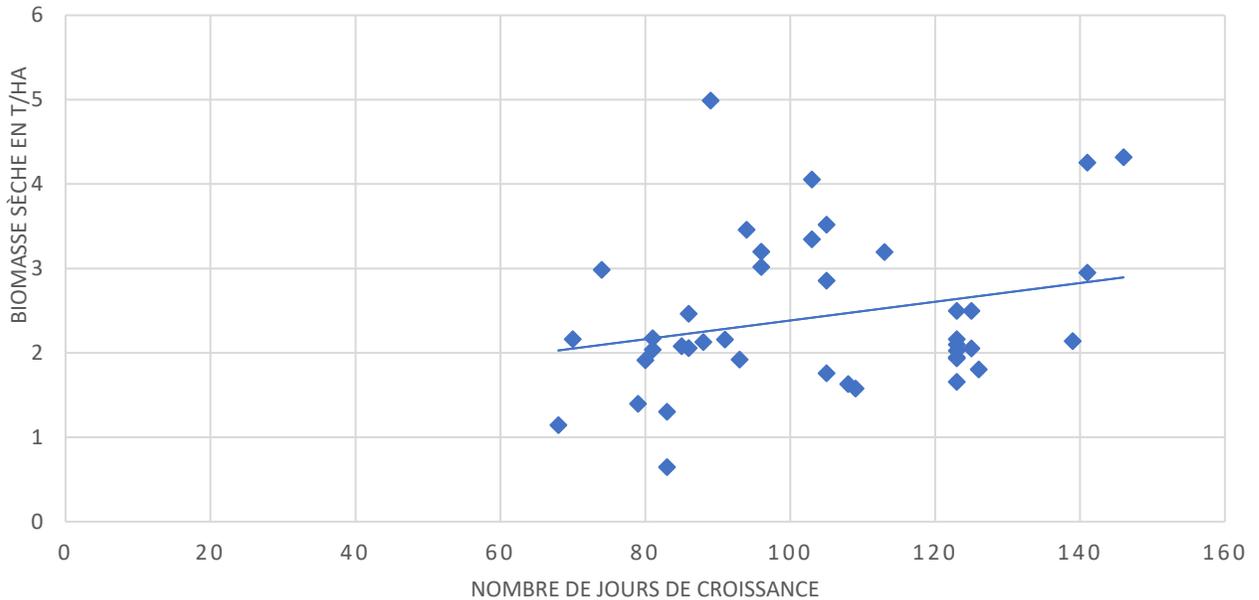


Figure 144 : Biomasse de semis des couvert en fonction des dates de semis

Ce graphique tend à illustrer que plus le couvert est semé tôt plus le couvert fait de la biomasse. Ce qu'il faut peut-être retenir est que malgré la sécheresse historique de 2022, s'il est possible de semer un couvert tôt plus on a de chances de faire de la biomasse. Cette tendance est récurrente chaque année dans nos essais et le fait de montrer ce phénomène même dans des conditions très sèches, nous pousse à semer le plus tôt possible en ayant toujours une réflexion sur le choix des espèces et le type d'implantation en fonction de la spéculation de l'agriculteur.

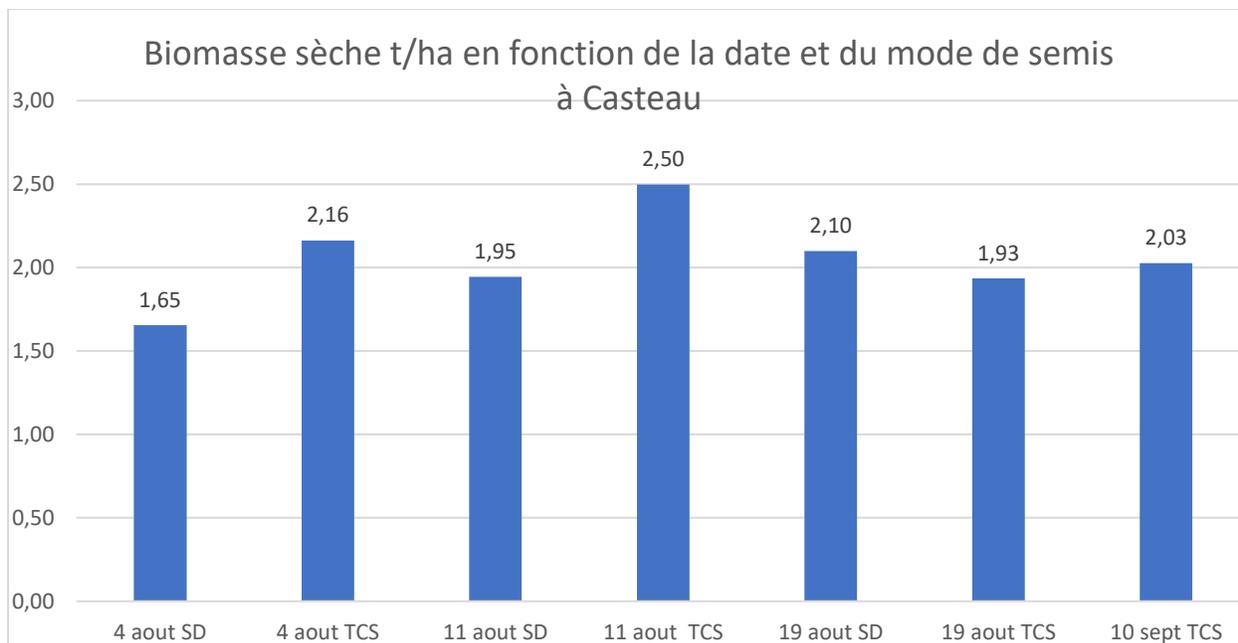
## TENDANCE DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE EN FONCTION DU NOMBRE DE JOURS DE CROISSANCE DU COUVERT



Un nombre de jours de croissance élevés donne souvent de meilleurs résultats. C'est le même constat que le graphique précédent. Donner la possibilité au couvert d'emmagasiner le plus possible de degrés jour favorise son développement.

### Résultats dates de semis du couvert

On a voulu savoir s'il c'était important de semer en SD ou TCS, un couvert tôt dans le sec ou s'il valait mieux attendre les pluies ; Il a été décidé début aout de semer le même couvert chaque semaine en SD ou en TCS sur la même parcelle.



Le semis direct est réalisé à l'aide d'un semoir rapide à disque en utilisant que les disques semeurs. Ce n'est pas l'idéal sur paille hachée. Un semoir de SD à dent aurait sûrement été plus adéquat et c'est ce qui explique que les modalités SD sont plus bas que les modalités TCS sauf au 19 aout. Les semis de début aout ne vont pas donner beaucoup plus de biomasse que les modalités semées le 10 septembre. Une hypothèse porte sur le fait que les plantes semées début aout ont eu dur à démarrer dans le sec et on a sûrement même perdu des pieds asséchés ne voyant pas d'eau arriver. Les grosses pluies significatives ont commencé à arriver aux alentours du 9 septembre. Le fait d'avoir eu des pluies si tardives et d'avoir des sols vraiment dépourvus d'humidités sur l'ensemble du mois d'aout explique en grande partie ces résultats. En revanche comme observation, on a remarqué que la structure dans les modalités SD étaient beaucoup plus belle que la structure dans les modalités TCS.

## Conclusion

Il a été très difficile d'implanter ses couverts en 2021 (humide-froid) et en 2022 (sec et chaud). On a voulu prouver que le fait de mettre en place certaines pratiques en cas de sécheresse va influencer positivement la pousse du couvert. Ce que l'on peut conclure sur l'ensemble des prélèvements réalisés. C'est que les agriculteurs ayant l'habitude de travailler avec des couverts à grosse biomasse ont quand même su réussir ces derniers. De plus les agriculteurs sans bétail ont été avantagé par la conservation de leurs pailles. Une fois de plus il est important de profiter de la moindre occasion pour semer de manière la plus précoce possible son couvert. Car rappelons aussi qu'un couvert est un investissement pour le sol à condition que celui-ci pousse et réalise une biomasse convenable. Plus on aura de la biomasse plus on va nourrir notre sol. On remarque aussi que la région agricole joue aussi un rôle mais on démontre aussi que ce n'est pas parce que on est en région argileuse que l'on est désavantagé. La région jurassique est quand même fort pénalisée dans nos échantillons surtout dû à la date de semis du couvert.