

Haute école de la province de Namur
Enseignement supérieur de type court

Section : **Agronomie**

Finalité : Techniques et gestion agricoles

Etude de la technique du colza d'hiver en culture associée



Promoteur de stage : Hugues Falys

Maitre de stage : Simon Dierickx

DUFOSSEZ Eline

Année académique

2017-2018

Avenue de Namur, 61

5590 Ciney

Mémoire présenté en vue de
l'obtention du diplôme de Bachelier en
agronomie, finalité techniques et
gestion agricoles

« Le changement est d'abord nié, il s'en suit une opposition énergétique pour finalement être accepté comme une évidence »

Hupin F.

« Trouver de la richesse dans la diversité, de l'équilibre dans l'association »

Sauzet G.

Abstract

L'objectif recherché par ce mémoire est de comparer la technique du colza associé à la technique du colza en culture pure et ainsi montrer son efficacité sur différents objectifs agronomiques, environnementaux et économiques.

Vu le contexte agricole actuel difficile et les changements climatiques provoquant des accidents de plus en plus régulièrement, cette technique permettrait de limiter les dégâts tout en apportant une série d'autres avantages, c'est pourquoi je me suis intéressée à ce sujet.

Ce mémoire va donc, via le biais d'essais réalisés chez différents agriculteurs en Wallonie, permettre de tester l'effet des couverts, principalement composés de légumineuses, sur le développement des adventices, l'azote, les ravageurs d'automne, les biomasses et finalement les rendements.

The dissertation's object is to compare the technique of the associated rape with the pure crop of rapeseed and so measure the efficiency on different agronomic, environmental and economic questions.

With the tricky agricultural context and the global warming inducing more and more often accidents, this technique would limit the damage. Furthermore it would bring other benefits, it's the reason why I was interested by this topic.

This work uses the testings of farmers in Wallonia to test the impacts of the cover of legumes about the development of weeds, nitrate, autumn's pests, biomass and finally yields.

Mots clés :

Colza, légumineuses, association, plantes compagnes, environnement, réduction d'intrants

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier mon maitre de stage Monsieur Simon Dierickx ainsi que l'équipe de Greenotec, Monsieur Maxime Mercier et Monsieur François Dessart qui m'ont accompagné durant ce stage et m'ont donné la possibilité de mener à bien ce travail de fin d'étude. C'est grâce à leur professionnalisme, leur expérience et leurs précieux conseils que j'ai pu concevoir ce travail qui clôturera mon cursus de bachelier.

Je remercie également Monsieur Hugues Falys, professeur à la Haute Ecole de la Province de Namur en agronomie à Ciney, qui fut mon promoteur et qui m'a aidé et soutenu durant la rédaction de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes extérieures que j'ai pu côtoyer durant mon stage, qui ont pu répondre à mes questions et partager leur expérience. Notamment, les agriculteurs qui ont permis la mise en place des essais et sans qui, mon mémoire n'aurait pas été réalisable, le CIPF qui a mis leurs étuves à disposition ainsi que le Cra-W.

Je tiens finalement à remercier ma famille avec une pensée particulière pour mon frère, et mes amis qui m'ont soutenu tout au long de mon stage ainsi que pour la rédaction de ce mémoire.

Table des matières

Abstract	3
Remerciements	4
Sigles et abréviations.....	7
Table des illustrations	8
Table des tableaux.....	10
Table des annexes	10
I. Introduction.....	11
Présentation de l'ASBL Greenotec	13
Contexte agricole	14
II. Partie théorique	15
1. Début du colza associé	16
2. Etat des connaissances.....	17
a. Définition.....	17
b. Diverses associations.....	17
c. Avec quelles espèces l'associer ?	19
d. Particularités de l'association colza-fèverole.....	26
e. Couvert à durée indéterminée (CDI).....	27
f. Implantation	30
g. Fertilisation azotée.....	34
h. Gestion des adventices	36
i. Ravageurs et maladies.....	40
j. Dans quels cas mettre en place le colza associé?	47
k. Rendement.....	47
l. Récapitulatif	49
m. Froment de colza associé	50
III. Partie pratique.....	51
1. Parcelles d'essai.....	52
2. Mesures réalisées.....	57
a. Suivi de culture.....	57
b. Mesure de la biomasse du colza et des couverts formés à l'automne.....	57

c.	Mesure de la présence d'adventices.....	58
d.	Semis de CDI en fin d'hiver.....	59
e.	Mesure des attaques d'insectes d'automne.....	59
f.	Mesure de la biomasse du colza à la floraison.....	61
g.	Azote.....	63
h.	Mesure du rendement et de la qualité technologique du colza.....	63
i.	Mesure du rendement du froment après colza associé	65
3.	Résultats et discussion	66
a.	Année particulière pour les colzas	66
b.	Biomasse	68
c.	Adventices	75
d.	Semis de CDI en fin d'hiver.....	78
e.	Ravageurs	80
f.	Biomasse floraison	81
g.	Azote.....	83
h.	Rendement.....	85
i.	Caractéristiques technologiques du grain.....	93
j.	Froment après colza associé	94
k.	Bilan économique.....	95
IV.	Conclusion générale	103
	Bibliographie	105
	Annexes	109

Sigles et abréviations

CBT : Charançon du bourgeon terminal

CDI = Couvert à durée indéterminée

EH : Entrée d'hiver

F. : Fenugrec

Fh. : Fèverole d'hiver

Fp : Fèverole de printemps

G. : Gesse

Greenotec : Groupement de recherche sur l'environnement et d'études de nouvelles techniques culturales

Ha : Hectare

L. : Lentille

MB : Marge brute

Ny : Niger

PA : Pois variété Andrea

Sa : Sarrasin

TA : Trèfle d'Alexandrie

TB : Trèfle blanc nain

V : Vesce

VJ : Vesce José

Vp : Vesce pourpre

Table des illustrations

Figure 1: Objectifs de l'ASBL.....	13
Figure 2: Colza associé à des légumineuses gélives (vesce pourpre et trèfle d'Alexandrie) ...	18
Figure 3: Trèfle blanc développé sous le colza pendant la moisson	18
Figure 4: Evolution du colza et des plantes compagnes Source : (Cadoux & Sauzet, 2016) ...	19
Figure 5: Quelles légumineuses associer ? Source: (Sauzet, 2018)	20
Figure 6:Niger Source: (Arvalis).....	21
Figure 7:Mélilot Source: (Mélilot, 2012)	21
Figure 8: Caractéristiques des différentes espèces	22
Figure 9: Vesce montée dans le colza	24
Figure 10: Racine de féverole.....	26
Figure 11: Colza associé avec de la féverole	26
Figure 12: Colza associé à du trèfle blanc	27
Figure 13: TB concurrencé par le colza	28
Figure 14: TB développé sous le colza.....	28
Figure 15: Semis du colza et des légumineuses sur la même ligne	30
Figure 16: Elongation d'un colza avant l'hiver	30
Figure 17: Mélange Caussade Symbio (TA, lentille, gesse)	32
Figure 18: Nombre de gailllets/m ² en fonction de la biomasse du colza et du type de semis. Source : (Sauzet, 2018).....	36
Figure 19: Relation du poids frais aérien EH et du nombre d'adventices Source : (Sauzet, 2018)	37
Figure 20: Photo aérienne d'un essai sur le désherbage (de gauche à droite: pré-levée, sans herbicide, post-levée).....	37
Figure 21: Arbre décisionnel de décision herbicides Source : (Greenotec, 2017).....	38
Figure 22: Photographie d'une grosse altise adulte Source: (BASF).....	40
Figure 23: Colza buissonnant	41
Figure 24:Comparaison d'un colza pur (à gauche) et d'un colza associé à de la féverole (à droite).....	42
Figure 25: Pourcentage de plantes buissonnantes à la floraison en fonction de la biomasse fraîche totale en entrée d'hiver (chaque point représente une mesure).....	44
Figure 26: Limace grise Source: Terre Inovia	45
Figure 27: Comparaison des rendements du colza associé et pur. Source : (Sauzet, 2018) ...	48
Figure 28: Récapitulatif des avantages et inconvénients de la technique du colza associé....	49
Figure 29: Graphique du froment après colza associé.....	50
Figure 30: Répartition des essais Source: Google maps	52
Figure 31: Représentation de l'essai de Corbais	55
Figure 32: Photographies des modalités non désherbées au 10 novembre 2017	56
Figure 33: Prélèvement des biomasses en EH	57
Figure 34: Photo des jalons placés sur chaque adventice	58
Figure 35: Photo des mètres étendus	58

Figure 36: Colzas mis à sécher.....	59
Figure 37: Vue d'ensemble des seaux.....	60
Figure 38: Larve d'altise dans l'eau.....	60
Figure 39: Cadre d'un mètre carré.....	61
Figure 40: Prise d'échantillon de colza via un emporte-pièce.....	62
Figure 41: Mesure de la masse de l'échantillon.....	62
Figure 42: Echantillons de colza placés dans l'étuve.....	62
Figure 43: Photographie de la largeur de coupe de la moissonneuse expérimentale.....	63
Figure 44: Photographie de la moissonneuse expérimentale.....	63
Figure 45: Vidange de la trémie dans le big-bag.....	64
Figure 46: Colza ayant des problèmes de floraison.....	66
Figure 47: Dégâts de charançons de la tige.....	67
Figure 48: Biomasse sèche des couverts en EH suivant l'année.....	68
Figure 49: Graphique de la biomasse sèche des légumineuses en EH.....	69
Figure 50: Graphique de la biomasse sèche du colza et du couvert par rapport au témoin..	70
Figure 51: Graphique comparant la biomasse sèche des couverts selon le désherbage dans les essais en bande.....	72
Figure 52: Graphique de la biomasse sèche des couverts en EH dans l'essai de Corbais.....	73
Figure 53: Graphique du nombre d'adventices suivant la biomasse totale en EH.....	75
Figure 54: Graphique du nombre d'adventices présents par mètre carré dans l'essai scientifique.....	76
Figure 55: TB et adventices sous le colza.....	78
Figure 56: Graphique reprenant le nombre de larves d'altise par pied de colza.....	80
Figure 57: Graphique de la biomasse sèche des colzas à la floraison.....	81
Figure 58: Ecart de la quantité d'azote de l'associé au témoin.....	83
Figure 59: Graphique du rendement des modalités suivant le désherbage dans l'essai de Corbais.....	87
Figure 60: Graphique des rendements des colzas associés en fonction de leur témoin respectif.....	89
Figure 61: Pourcentage du rendement de l'associé par apport au témoin.....	90
Figure 62: Graphique du rendement en fonction de la biomasse sèche en entrée d'hiver....	91
Figure 63: Teneur en humidité des graines de colza dans l'essai scientifique.....	93
Figure 64: Graphique du rendement du froment après colza associé.....	94

Remarque : toutes les illustrations sans sources ont été prises par un membre de l'ASBL Greenotec.

Table des tableaux

Tableau 1: Techniques de semis Source : (Cadoux & Sauzet, 2016).....	33
Tableau 2: Mécanismes en jeu dans les associations végétales et leurs interactions avec les ravageurs et les maladies (Corre-Hellou & al, 2014).	43
Tableau 3: Espèces associées et objectifs de chaque essai	53
Tableau 4: Comparaison des rendements dans les essais en bande	85

Table des annexes

Annexe 1 : Représentation des essais.....	110
Annexe 2 : Résultats des essais.....	113
Annexe 3 : Poster.....	116

I. Introduction

Le colza est une culture bien répandue en Wallonie ainsi que dans une grande partie du monde. Cependant, c'est une culture consommatrice d'intrants, que ce soit en engrais, et produits phytosanitaires. Vu l'épuisement des ressources de la planète et des critiques dont les phytos font l'objet, une autre manière de cultiver le colza doit être envisagée, plus responsable d'un point de vue environnemental. La technique du colza associé semble sur la bonne voie pour répondre à ces contraintes.

Mais qu'est-ce qu'une culture associée ? Comme le dit le Larousse agricole (Aubineau, 2002), « une culture associée est un mode d'exploitation consistant à cultiver en même temps, sur une même parcelle, 2 (ou plusieurs) espèces végétales ». Nous allons donc, dans ce travail, étudier la culture du colza, en association avec différentes légumineuses.

Durant mon stage à l'ASBL Greenotec, j'ai pu récolter des informations sur les différents paramètres influençant la technique, grâce à plusieurs parcelles d'essais cultivées pour la majorité en techniques culturales simplifiées¹, réparties à travers toute la Wallonie ainsi que sur les essais réalisés les précédentes années.

La principale question de mon TFE portait sur l'analyse de la technique du colza associé, en Wallonie, avec notamment les avantages et inconvénients en comparaison avec la culture pure et finalement l'analyse économique de la technique. Nous nous sommes posés certaines questions :

- Est-il possible de diminuer les intrants chimiques sans diminuer le rendement ?
- Est-il possible pour tous les agriculteurs d'utiliser cette technique ?
- Cette technique procure-t-elle un avantage économique comparé au colza simple ?

Ce travail débutera par une présentation théorique du sujet, où nous expliquerons en quoi consiste la culture de colza associée ainsi que les bénéfices que la technique procurerait pour l'agriculteur et l'environnement. Nous poursuivrons le travail par une partie pratique concernant les mesures réalisées dans les essais et nous terminerons par la présentation des résultats obtenus durant cette saison.

¹ Techniques culturales simplifiées : les techniques culturales simplifiées (TCS) forment une partie des techniques culturales sans labour (TCSL), l'autre étant le semis direct. Les TCS regroupent l'ensemble des itinéraires techniques de travail du sol sans retournement de ce dernier. Les TCS font partie des techniques de l'agriculture de conservation des sols (Wacker, Duphil, & Vézian, 2018).

Présentation de l'ASBL Greenotec

L'ASBL Greenotec, acronyme de Groupement de Recherche sur l'environnement et d'étude de Nouvelles Techniques Culturelles, est une association d'agriculteurs créée en 2006. Ces agriculteurs wallons, intéressés par les techniques de conservation des sols, désiraient trouver des solutions concrètes aux problèmes rencontrés sur leur exploitation. Grâce aux essais mis en place, Greenotec permet à la fois de répondre aux questionnements des agriculteurs et optimise des techniques culturales innovantes. Les missions de l'association sont réparties en 3 axes (voir Figure 1) :

Premièrement, l'association fait de l'expérimentation sur différentes pratiques en grandes cultures de Wallonie, notamment le colza, le maïs, le froment, la betterave ou la pomme de terre. Les essais se déroulent généralement dans des parcelles des agriculteurs membres. Ces essais permettent de mettre au point différentes techniques culturales de conservation des sols. Ainsi, les 13 essais en colza sont installés dans des parcelles d'agriculteurs membres et sont, pour la plupart, gérés en non-labour.

La deuxième activité est la vulgarisation. L'association informe les membres sur les résultats obtenus dans les essais, elle forme également les agriculteurs par le biais de conférences avec l'intervention d'experts, de journées et voyages d'étude mais aussi via le site internet et les newsletters (Greenotélex, lettres d'informations techniques).

La dernière activité consiste à conseiller de manière personnalisée les agriculteurs désirants se lancer dans l'agriculture de conservation des sols que ce soit par le biais de visites en exploitation ou de conseils téléphoniques.

Afin de mener à bien ces activités, l'association bénéficie du soutien financier du Service public de Wallonie depuis 2002.

L'association est coordonnée par Maxime Merchier, ingénieur agronome. La recherche et la mise en place des essais sont assurées par deux ingénieurs agronomes également, Simon Dierickx et François Dessart.

Le siège social de l'ASBL se situe à Bonneville chez le président Monsieur Héger alors que les bureaux se trouvent à Ghlin.



Figure 1: Objectifs de l'ASBL

Contexte agricole

Nous sommes actuellement sous un climat agricole difficile, les coûts d'énergie augmentent, les charges sont de plus en plus lourdes, les réglementations environnementales se sévèrent, les prix de vente des productions varient constamment et le plus souvent vers le bas alors que les accidents climatiques deviennent de plus en plus fréquents. De plus, l'agriculteur n'a pas un rôle facile, il cultive des plantes dont il ne sait pas le rendement qu'il va obtenir, ni le prix auquel il va les vendre. C'est pourquoi, il devient nécessaire de contrôler à la fois ses coûts, ses productions et ce, en pratiquant une agriculture durable afin de vivre économiquement de son travail, tout en préservant l'environnement et le sol.

De plus, le grand public est de plus en plus méfiant vis-à-vis des produits phytosanitaires, c'est pourquoi, il se tourne de plus en plus vers des produits issus de l'agriculture biologique ou cultivés de manière raisonnée. Le colza, implanté sur près de 12.000 ha en Wallonie en 2015 (SPW, 2017), est un grand consommateur de pesticides, aussi bien en herbicides, insecticides ou fongicides. C'est pourquoi des alternatives à ces intrants doivent être trouvées afin de redorer l'image de l'agriculture et diminuer la pression sur l'environnement.

L'azote minérale n'étant pas inépuisable et son coût étant considérable, il est nécessaire de limiter l'utilisation de cette ressource et trouver de nouvelles origines pour diminuer ses charges. L'introduction de légumineuses dans la rotation permettrait d'apporter de l'azote symbiotique d'origine atmosphérique en limitant l'apport d'azote chimique.

Une réflexion sur la durabilité du système en combinaison avec différents leviers permettrait d'améliorer les performances agro-économiques, tout en évoluant vers une démarche agro-écologique (Sauzet, 2016).

II. Partie théorique

1. Débuts du colza associé

Les premiers essais d'association de colza ont commencé en 2005, en France. Dès la saison culturale 2008, le CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux en France) a commencé les essais sur le sujet. Les buts premiers de cette technique étaient de gérer le salissement grâce à la couverture du sol et diminuer ainsi l'usage des herbicides, la présence de géraniums étant très importante dans les courtes rotations (Lieven, 2011). Ceux-ci levant en même temps que le colza, ils posaient de gros problèmes. En mettant en œuvre cette pratique, ils se sont rendu compte de l'impact des couverts sur les adventices mais aussi d'autres conséquences de la technique, notamment, l'économies d'intrants grâce à l'introduction d'azote atmosphérique dans le sol produit par les couverts de légumineuses. Ils se sont également aperçus que les couverts avaient un impact positif sur les dégâts d'insectes d'automne. En dehors de ces économies d'intrants, l'association permettait de limiter l'hydromorphie grâce aux chemins modelés par les racines, permettant une infiltration facilitée de l'eau. Cela fait déjà quelques années que cette technique se pratique, les connaissances s'élargissent donc de plus en plus. Si bien, qu'en 2015, 5 % de la superficie des terres de colzas en France étaient constitués de colza associés, représentant environ 70.000 ha (Greenotec, 2017).

2. Etat des connaissances
 - a. Définition

Culture associée au colza d'hiver

« La technique consiste à semer, de façon précoce et idéalement simultanée, le colza et les légumineuses gélives, utilisées comme couvert associé non récolté, et choisies pour les bénéfices qu'elles apportent et leur capacité de cohabitation avec le colza » (Cadoux & Sauzet, 2016).

- b. Diverses associations

Il existe plusieurs façons d'associer son colza. En effet, trois scénarios seront étudiés à l'occasion de ce TFE:

- colza avec plantes compagnes gélives,
- colza avec espèces permanentes où seul le colza est récolté,
- colza avec plantes compagnes non-gélives ou avec espèces permanentes où toutes les espèces sont récoltées.

(Viaux, 2012)

i. Colza avec plantes compagnes gélives

Dans ce scénario, le colza est semé avec des plantes gélives ou à cycle court (voir Figure 2) qui seront, par conséquent, détruites durant l'hiver, laissant le colza démarrer seul au printemps. Cette association est la plus pratiquée.



Figure 2: Colza associé à des légumineuses gélives (vesce pourpre et trèfle d'Alexandrie)

ii. Colza avec CDI (couvert à durée indéterminée)

Dans ce cas, le colza est semé avec une espèce pérenne, généralement du trèfle blanc nain qui ne va pas geler durant l'hiver et qui va rester en sous étage, cette légumineuse étant très stolonifère (Soltner, 2016) et étant concurrencée par le colza ainsi que les plantes gélives associées. Une fois le colza récolté, le trèfle va directement profiter de la lumière et va pouvoir se développer. Cette technique permet de gagner du temps en été car celui-ci est déjà bien enraciné (Figure 3). Par conséquent, le sol ne reste pas nu entre la récolte du colza et le semis de la culture suivante. Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour le TB : il peut soit être détruit ou soit laissé en place, en semant du froment en direct, par exemple.



Figure 3: Trèfle blanc développé sous le colza pendant la moisson

iii. Récolte de toutes les espèces

Le colza est alors semé avec des espèces d'hiver, tel que du pois d'hiver, de la fèverole d'hiver et de la vesce d'hiver. Toutes les espèces vont se développer ensemble avec l'objectif de tout récolter en même temps. Cependant, cette technique est plus difficile et plus risquée car la maturité de toutes les espèces n'est pas toujours atteinte en même temps, il faut souvent faire un compromis. En outre, toutes les graines sont récoltées ensemble, cela signifie qu'il faudra les trier.

c. Avec quelles espèces l'associer ?

« Le colza préfère être accompagné, à condition bien entendu de maîtriser les espèces en présence » (Archambeaud, 2009). C'est pourquoi il ne faut pas choisir les plantes compagnes aléatoirement afin d'obtenir une association bénéfique au colza.

Pourquoi privilégier les légumineuses ? Tout d'abord, le colza est sensible à la concurrence jusqu'au stade 4 feuilles. Un des avantages de l'associer avec des légumineuses est que celles-ci présentent une installation plus lente et retardée que le colza comme le montre la Figure 4. Cela permettra donc de ne pas le concurrencer durant cette phase délicate (Greenotec, 2017). Ensuite, elles ont peu d'impact sur l'azote du sol car elles sont capables d'utiliser le diazote de l'air. Les essais avec des non-légumineuses montrent généralement des risques de compétition plus forts sans pour autant produire de bénéfices (Greenotec, 2017). De plus, les légumineuses ont la spécialité d'avoir un enracinement complémentaire au colza (Cadoux & Sauzet, 2016).

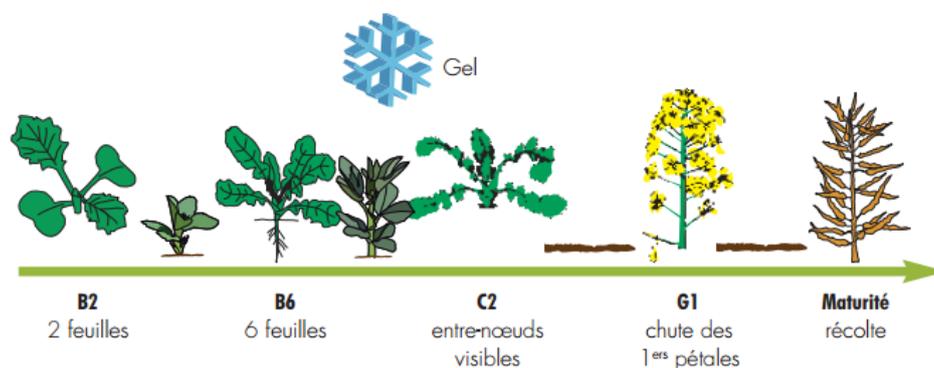


Figure 4: Evolution du colza et des plantes compagnes Source : (Cadoux & Sauzet, 2016)

Il est préférable de semer différentes espèces en mélange, cela permet d'avoir plus d'homogénéité et un couvert plus polyvalent qui va mieux s'adapter aux conditions. Les bénéfiques sont donc augmentés et les désavantages diminués (Groff, 2018). Par exemple, on

associera, des plantes à port dressés avec des espèces à ports étalés, des espèces avec un développement rapide avec celles ayant un développement plus lent (Figure 5) ou encore des racines de type fasciculées avec des racines pivotantes. Il faut respecter une bonne densité pour être efficace. Pour calculer la densité de semis, il faut diviser la quantité pour un semis en pur, par le nombre d'espèces en mélange (Greenotec, 2017).



Figure 5: Quelles légumineuses associer ? Source: (Sauzet, 2018)

La figure ci-dessus illustre, sur le dessus, la précocité des légumineuses et sur le dessous, les différents ports qu'elles présentent. La Figure 8 présente les différentes caractéristiques de chaque espèce.

Pour les sols riches en azote, les légumineuses ont moins d'intérêts, c'est pourquoi il est possible de semer des non-légumineuses comme le sarrasin ou le niger qui seront plus compétitifs dans cette situation (Cadoux & Sauzet, 2016).

Il faut donc décider quelles espèces associer en fonction :

1) De ses objectifs

Chaque espèce est différente et a des avantages et des inconvénients (voir Figure 8), ainsi, pour perturber les insectes, de la fèverole sera plutôt choisie. Pour produire un maximum de biomasse, la fèverole mais aussi la vesce sont les plus recommandées. Pour la concurrence des adventices, la lentille, le trèfle d'Alexandrie² ou la vesce semblent les plus recommandés par leur rapidité de croissance ou bien leur pouvoir couvrant. Le niger ou le mélilot peuvent également être intéressants contre les adventices car ceux-ci ont des effets allélopathiques³ une fois détruits (Soltner, 2016).

² Rmq : les variétés de TA mono-coupe sont à privilégier.

³ Allélopathie : Capacité de certains végétaux d'empêcher, par l'émission de substances toxiques, le développement d'autres espèces dans leur voisinage. Les substances toxiques sont soit excrétées par les racines de la plante, soit libérées par la dégradation de débris de végétaux morts (Mazoyer, 2002).



Figure 6: Nigella Source: (Arvalis)



Figure 7: Mélilot Source: (Mélilot, 2012)

Niveau azote, ceux qui se minéralisent le mieux au printemps sont la vesce, la lentille, la gesse et le TA, contrairement à la fèverole qui a un port dressé, en effet, c'est la surface en contact avec le sol qui sera minéralisée (Sauzet, 2018)). La fèverole a également l'avantage d'avoir un puissant pivot qui permet de structurer le sol (Pousset, 2016). Le choix pour une espèce peut également se faire pour ses effets contre les rongeurs, notamment le mélilot. Celui-ci, une fois détruit, est un répulsif naturel contre ceux-ci car il relargue une substance de la famille des coumarines qui a une odeur répulsive (Waligora, 2012). Il faut également prendre en compte des espèces qui concurrencent peu le colza.

En ce qui concerne les doubles récoltes, il faut évidemment choisir des espèces qui résistent à l'hiver, qui ont une date de semis relativement proche de celle du colza et dont les grains mûrissent simultanément au colza. Ainsi, la fèverole d'hiver, la vesce ou préférentiellement le pois pourraient convenir à cette technique.

Figure 8: Caractéristiques des différentes espèces

Espèce	Enracinement	Architecture aérienne	Sensibilité au gel	Avantages	Inconvénients
Niger	Fasciculée Intermédiaire	Dressée Strate intermédiaire	0 à -2°C	Vitesse de croissance rapide Cycle court Couverture efficace Forte biomasse Allélopathie des résidus → effet >> adventices Appétant aux limaces Structuration du sol performante	Doit être semé le plus tôt possible
Sarrasin	Superficiel	Dressé peu ramifié Strate intermédiaire	-2°C à -4°C	Levée et développement rapide Rend disponible les réserves de P du sol Plante nettoyante qui contrôle les dicot grâce à sa vitesse d'installation et sa capacité à utiliser le peu de ressources présentes	Structure moyennement le sol Produit peu de biomasse Protège peu le sol Sensible aux limaces
Vesce commune	Pivotant et fasciculée Intermédiaire	Rampante et volubile Strate inférieure	-5°C à -10°C (selon le développement)	Forte biomasse Bon pouvoir d'étouffement Grosse fixatrice et productrice d'azote et d'exsudats racinaires Reprend l'avantage quand les premières espèces ont gelés Résistante aux maladies et aux insectes mais attire les auxiliaires Bon comportement en mélange car occupe tous les interstices	Démarrage lent → peu concurrentielle dans un 1 ^{er} temps Cout élevé des semences Sensible aux limaces grises Cout de semence élevé
Vesce pourpre	Superficielle	Rampante et volubile	-5°C à -10°C	Vesce à cycle plus court → 25 à 40% de biomasse en plus que vesce commune Pante adaptée aux sols pauvres et arides Plus gélive que autres vesces	Plus sensible aux maladies
Lentille	Pivotante et fasciculée Superficiel	Strate inférieure	-7°C	Rapidité de croissance → assez concurrentielle Adaptée aux sols superficiels et conditions sèches Structuration du sol grâce à un petit pivot	Faible production biomasse et azote Semence difficile à trouver Sensible aux maladies
Fèverole	Pivot Profond	Port dressé Strate supérieure	-3 à -10°C	Plante tout terrain Biomasse importante Structurante Exsudats racinaires importants → production rapide de grandes quantités d'azote Implantation facile	Peu concurrentielle Besoin 2 ^{ème} passage semis Développement lent

				Peut percer les croutes de battance	
Gesse	Pivotante et fasciculée Intermédiaire	Rampante et volubile Strate inférieure	-5°C	Forte capacité à fixer de l'azote Rustique aime terrains secs et ne craint pas manques de fertilité Peut produire bcp de biomasse si semée tôt Bonne structuration du sol	Cout de semence élevé
Fenugrec	Pivotant et fasciculé Superficiel	Dressé ramifié Strate inférieure	-5°C	Adapté aux conditions chaudes et sèches Évite l'étouffement du colza Perturbation olfactive des insectes grâce à sa forte odeur Bonne structuration grâce à pivot profond	Peu de biomasse Attire gibier Semences couteuses
Lotier Corniculé	Profond	Strate inférieure	-10°C	Espèce adaptée aux sols pauvres, superficiel, séchant à faible potentiel	Développement lent Peu compétitif
Trèfle d'Alexandrie ⁱ	Fasciculé Intermédiaire	Dressé +- étalé Strate inférieure	-7°C	Développement rapide Grande capacité à fixer azote Biomasse importante si chaleur et eau Assez efficace contre adventices Pas de maladies connues	Craint excès d'eau et sécheresse Structuration du sol faible Sensible aux limaces
Trèfle blanc	Superficiel /fasciculé	Basse rampante	Non gélif	Résistant à la sécheresse Pérenne Concurrentiel au adventices	Agressif sur l'eau et les éléments minéraux Difficile a détruire
Mélicot	Pivot profond	Rosette/ramifié Strate inférieure	Non gélif	Système racinaire structurant et profond Anti rongeur Assez bonne en restitution d'azote et contrôle des adventices Plante peu exigeante	Transmission de l'aphanomyces

Remarque : la sensibilité au gel dépend du stade de développement de la plante.

2) De son matériel de semis

Certaines semences ne peuvent être semées avec un semoir conventionnel (cf 2.b.iii Mode de semis).

3) Des disponibilités et prix des semences

Il faut évidemment que les bénéfices procurés puissent compenser le prix des semences

4) Des conditions pédoclimatiques

Les espèces plus sensibles au gel ou qui ont un cycle plus court et qui meurent naturellement seront préférées. Un rattrapage chimique ne peut pas toujours (en agriculture biologique) être réalisé au printemps et c'est, en plus un coût supplémentaire important. Du niger, de la lentille, du fenugrec, de la gesse sont assez gélives et seront plutôt adoptés à la place de la vesce ou de la fèverole qui sont moins sensibles au gel (Thomas & al, 2013). La vesce peut monter avec le colza (Charbonnaud, Lieven, Tourton, & Rabourdin, 2017) ce qui peut être problématique lors de la moisson (voir Figure 9). Il faut également que les espèces de printemps utilisées puissent se développer en automne, les jours qui se raccourcissent et les températures qui diminuent peuvent poser problème.



Figure 9: Vesce montée dans le colza

5) De sa rotation

Il faut évidemment éviter les espèces présentes dans la rotation afin d'éviter les risques liés aux bioagresseurs (Cadoux & Sauzet, 2016) Pour les parcelles qui reçoivent des légumineuses sensibles à l'aphanomyces en culture, tel que du pois, de la lentille, de la gesse et certaines variétés de vesces ou de trèfles, il faudra choisir des plantes compagnes non-légumineuses ou des variétés de légumineuses résistantes (cf 2.i.Ravageurs et maladies) (Cadoux & Sauzet, 2016).

d. Particularités de l'association colza-fèverole

Pourquoi la fèverole est-elle particulière ?

Il ne faut, tout d'abord, pas sous-estimer le facteur structuration. En effet, comme on peut le voir sur la Figure 10, les racines de la fèverole vont améliorer la structure du sol en le fissurant (Minette, 2009), ce qui va permettre au pivot du colza de descendre plus facilement. En lien avec ce facteur, la fèverole a le pouvoir de percer la croute de battance en levant, permettant d'augmenter la porosité du sol (Sauzet, 2016).



Figure 10: Racine de fèverole

Des mesures sur la quantité d'azote contenue dans les colzas ont été réalisées et il a été constaté que dans le colza associé, le taux d'azote était plus élevé qu'en culture pure. C'est lors de l'observation des racines que l'explication a pu être donnée. En effet, avec cette association (voir Figure 11), le système racinaire du colza croît de 21% supplémentaire environ, notamment parce qu'il va développer plus en profondeur ses racines secondaires. Le colza et la fèverole n'exploitent donc pas les mêmes horizons (Guihard, 2013), par conséquent, la surface prospectée est plus importante et la quantité de ressources est plus abondante. Une meilleure nutrition azotée est donc constatée. Ce phénomène se met en place dès le début du développement mais encore plus particulièrement, lorsque la fèverole a développé ses organes de fixation symbiotique (Guihard, 2013).



Figure 11: Colza associé avec de la fèverole

e. Couvert à durée indéterminée (CDI)

Comme expliqué ci-avant (cf ii Colza avec CDI (couvert à durée indéterminée)), le couvert à durée indéterminée est un couvert constitué d'une espèce pérenne qui va couvrir le sol pendant et après la culture de colza.

La légumineuse principalement utilisée est le trèfle blanc nain (voir Figure 12) mais certains essais ont déjà été réalisés avec de la luzerne, du trèfle violet ou encore du lotier qui est semé au moment du semis de colza, ou en fin d'hiver.



Figure 12: Colza associé à du trèfle blanc

Il est préférable de semer les CDI en même temps que le colza, il arrive cependant que la légumineuse ne lève pas bien ou soit détruite car il reste des résidus de sulfonilurées, utilisées dans le désherbage de la céréale précédente. Ces matières actives ont une rémanence⁴ assez longue dans le sol, d'autant plus que le temps est sec et que le pH est élevé. Ainsi, leur demi-vie⁵ peut varier de 4 jours pour un pH de 4, à plus d'un an pour un pH de 6 à 7. C'est pourquoi il peut parfois être plus opportun de semer la légumineuse en fin d'hiver afin d'obtenir une meilleure levée suite à la dégradation plus importante à ce moment qu'au semis du colza.

▪ ⁴ Rémanence : Durée pendant laquelle un herbicide, ou tout autre produit de traitement épandu ou incorporé au sol, continue à exercer son action (Mazoyer, 2002).

⁵ Demi-vie : la demi-vie (DT) caractérise une décroissance de la quantité de molécules en indiquant la durée au bout de laquelle la quantité de molécules est diminuée de moitié donc de 50% (DT 50) (Jacquemin)



Figure 13: TB concurrencé par le colza

En apparence, peu d'intérêts peuvent être observés pour la culture de colza, le TB étant fortement concurrencé en automne pour la lumière par le colza et les plantes compagnes et ayant une croissance lente (voir Figure 13) (Waligora, 2012). C'est seulement au printemps, une fois les plantes associées détruites, que celui-ci va se développer, étant seul avec le colza pour profiter des ressources, et recouvrir le sol, évitant ainsi les nouvelles levées d'adventices. Il se pourrait cependant qu'un manque d'eau puisse se faire ressentir vers la fin de développement du colza, ce qui pourrait être dommageable en cas de sécheresse (Sauzet, 2018). Il faut également être attentif aux rongeurs et limaces qui pourraient proliférer avec le couvert (Sauzet, 2018) (Chabert, 2017).

Une fois le colza moissonné, le TB va pouvoir profiter un maximum de la lumière et des éléments, lui permettant de tapisser complètement le sol.

Cet itinéraire permet le maintien d'un couvert entre la récolte et le semis de froment par exemple (voir Figure 14). Cela permet d'éviter la levée d'adventices mais aussi de limiter les repousses de colza (Sauzet, 2018). Celui-ci étant déjà démarré et déjà bien en place, le sol reste couvert continuellement et il continue, en plus, à fixer de l'azote. L'inconvénient de laisser un couvert en place est que cela favorise les mulots. L'absence de travail du sol ne les perturbe pas, c'est pourquoi il est important d'être attentif à



Figure 14: TB développé sous le colza

leur présence. Il peut s'avérer utile de conserver leurs prédateurs tels que les rapaces ou les renards pour limiter leur multiplication. Un broyage des cannes de colza évitera aux rapaces de se casser les ailes et permettra en plus de faire une coupe de trèfle qui servira de fourrage (Merchier & Herman, 2018). Le TB peut alors être détruit quelques semaines avant le semis de froment pour un semis de type conventionnel ou bien en direct. Pour ce faire, le trèfle peut être détruit avec 5g d'Allié® si aucune graminée n'est présente ou bien avec 0,5 à 1 litre de Round Up® si des repousses de céréales ou des vulpins se sont développés. Au lieu d'être détruit, le TB peut simplement être régulé avec des petites doses d'herbicides de type Matrigon® (Clopyralid) pour semer en direct dans le trèfle vivant (Cadoux & Sauzet, 2016).

C'est donc plutôt le froment qui va pouvoir bénéficier de l'azote fixé grâce à la dégradation de la légumineuse ou grâce aux rhizodépôts⁶ du couvert vivant. En plus de cet apport, une amélioration générale physique, chimique et biologique du milieu peuvent se produire (Thomas, Sauzet, & Waligora, 2017).

⁶ Rhizodépôt : « Excrétion, de déchets liquide ou solide, se réalisant au niveau de poils absorbants. Cette excrétion permet un effet rhizosphérique, c'est-à-dire que la plante participe à des apports de matière organique morte et de recycleurs (bactéries) pour la reminéralisation du sol » (Simon, 2009)

f. Implantation

Avant de se lancer dans la technique du colza associé, il faut tout d'abord maîtriser la culture seule et comprendre le fonctionnement de l'association.

Pour une culture réussie, il faut avant tout démarrer sur de bonnes bases, c'est-à-dire miser sur une bonne implantation. « Ce n'est pas en implantant un couvert, qu'on va pouvoir récupérer un semis raté ou un désherbage mal réalisé » (Cadoux & Sauzet, 2016).

La réussite de l'implantation va conditionner le développement des colzas mais également celui des légumineuses, le but étant qu'elles se développent suffisamment pour qu'elles puissent montrer tous leurs avantages et rentabiliser leur cout de semence (Charbonnaud, Lieven, Tourton, & Rabourdin, 2017). En outre, plus les plantes compagnes sont proches des colzas et plus les racines s'enchevêtrent et plus le colza développera ses racines (Greenotec, 2017). C'est pourquoi, il faut éviter de réaliser des lignes distinctes et éloignées (voir Figure 15).



Figure 15: Semis du colza et des légumineuses sur la même ligne

i. Densité

Au niveau de la densité de semis du colza, elle reste inchangée à la densité en culture pure, il ne faut surtout pas l'augmenter, ou des risques d'élongation peuvent apparaître (voir Figure 16) (Waligora, 2012). Le but étant l'obtention de 30 à 35 pieds de colza au mètre carré.



Figure 16: Elongation d'un colza avant l'hiver

ii. Date

Pour une implantation réussie, la date de semis est importante. Un semis en début de la plage de semis idéale est ce qu'il convient le mieux. Il faut évidemment tenir compte des conditions pédoclimatiques et ainsi, semer plus tôt les terres argileuses ou avec réchauffement plus lent et semer plus tardivement les terres à forte réserve en azote (Cadoux & Sauzet, 2016)

Le but d'un semis précoce est d'obtenir un développement optimal des légumineuses. Celles-ci étant plus tardives que le colza et ayant besoin de lumière et de températures plus élevées, elles pourront ainsi profiter au mieux des bonnes conditions (Viaux, 2012). Cela permettra de maximiser la biomasse pour maximiser les bénéfices de l'association et ainsi rentabiliser leur cout de semence. Ce semis précoce est également nécessaire pour la destruction par le gel, en effet, il faut qu'elle aient atteint un stade avancé, stade bouton florale, afin qu'elles soient sensibles au gel et puissent être détruites.

Même si les plantes compagnes n'ont pas ou peu d'effets sur l'élongation des colzas (celles-ci ayant un développement plus tardif, une capacité à fixer leur propre azote et un enracinement complémentaire à celui du colza), vu la date de semis précoce dans cette technique, il faut choisir des variétés non sensibles à l'élongation. (Cadoux & Sauzet, 2016)

iii. Mode de semis

Différents modes d'implantation sont possibles en fonction du matériel à disposition, le principal étant de démarrer, comme en culture pure, avec un bon rappui pour avoir un bon contact sol-graine et avec un sol ressuyé non-compacté (FOP-CETIOM-ONIDOL-SOFIPROTEOL, 2007).

Il est possible de semer avec un inter rang allant jusque 60 cm sans perte de rendement. Terre Inovia conseille un écartement de 35 cm (Sauzet, 2018). Pour le semis des légumineuses, Gilles Sauzet recommande de les semer sur le même rang que le colza ou à la volée mais pas en rangs distincts afin d'obtenir des légumineuses proches du colza, permettant une meilleure synergie entre colza et plantes compagnes (Cadoux & Sauzet, 2016).

➤ Semis en un seul passage

Le semis en un seul passage est généralement celui conseillé. En effet, celui-ci évite ainsi le dessèchement de la terre, la germination du colza étant très dépendante de l'humidité. De plus, aucun cout supplémentaire de passage n'est à déboursier. Il est possible avec une simple et une double caisse. Avec une double caisse, on garde une trémie pour le colza, celui-ci est par conséquent réparti de manière homogène et la deuxième pour les plantes compagnes.

(Cadoux & Sauzet, 2016) . Cela a le désavantage de semer les espèces sur deux lignes différentes, limitant ainsi les interactions.

Semoir à céréales ou monograine ?

Le monograine est celui le moins utilisé, vu l'orientation céréale des régions cultivant le colza et la non disponibilité de l'outil. Celui-ci permet une meilleure vigueur de levée avec une possible économie de semence puisqu'en bonnes conditions, une densité de 35 graines/m² peut être réalisée alors que le semis se réaliserait à une densité de 45 graines avec un semoir à céréales (Guihard M. , 2017).

Le plus intéressant avec ce semoir monograine n'est pas de semer des lignes de colza et de légumineuses distinctes mais bien de tout semer sur la même ligne afin de noyer le colza dans la masse et d'avoir le plus de contacts racinaires possibles. De plus, il sera possible avec ce procédé d'utiliser la bineuse afin d'éviter les herbicides.

Il permet de répartir les semences de manière uniforme sur le rang, en gardant un écartement constant, ce qui permet, par conséquent, moins de concurrence pour la lumière, l'eau et les fertilisants. Celui-ci nécessite néanmoins un microgranulateur pour les plus petites graines telle que le trèfle, la lentille ou le fenugrec (Charbonnaud & al., 2017). Dans le cas de graines de tailles trop différentes, le semis des plantes compagnes en premier lieu sera préférable.

Le semoir à céréales est le plus utilisé, mais également le plus adapté. Grâce à ce semoir, tout est semé sur la même ligne, beaucoup d'interactions entre espèces sont donc présentes. Pour les autres graines, elles sont toutes mélangées dans la trémie, il est donc conseillé de ne pas préparer de mélange pour une surface importante, en effet, 4-5 ha est préconisé. Afin d'éviter les démélanges, il est également conseillé de mélanger minimum trois types de graines différentes en taille et avec des formes anguleuses dans la trémie tel que la gesse (voir Figure 17) et le fenugrec par exemple (Cadoux & Sauzet, 2016). Le semis de fèverole est impossible avec ce semoir, vu son diamètre de semence important.

Il est également possible d'utiliser un semoir avec double trémie. Ils sont peu présents chez nous vu leurs prix mais ils permettent de semer des graines de tailles très différentes de manière homogène et sans avoir de démélange, ce qui permet de remplir son semoir pour une surface plus importante



Figure 17: Mélange Caussade Symbio (TA, lentille, gesse)

➤ Semis en deux passages

Comme expliqué précédemment, le semis en deux passages engage un coût supplémentaire, une rapidité moindre, avec également un risque de dessèchement du sol (Charbonnaud, Lieven, Tourton, & Rabourdin, 2017). Cette technique consiste à semer en premier lieu les plantes compagnes et par la suite semer le colza. Il faut, pour bien faire, faire les deux semis le même jour, maximum 2 jours d'écart suivant les conditions.

Généralement, le semis en deux passages est peu utilisé sauf pour le semis de fèverole. En effet, le semoir centrifuge est généralement utilisé pour la semer par rapidité et bas cout. D'autre espèces peuvent être semées à l'aide de ce semoir si elles ont un PMG (poids de mille grains) équivalent ou supérieur à 4 g. Pour les semences dont le PMG est situé entre 4 et 10, la largeur de semis pourra mesurer jusque 18 mètres, alors que pour des graines d'un PMG supérieur à 10, le semis sera possible jusque 24 mètres (Greenotec, 2017).

Terre Inovia nous résume les techniques d'implantation possibles en fonction des semences.

Tableau 1: Techniques de semis Source : (Cadoux & Sauzet, 2016)

	Semoir céréales à trémie unique	Semoir monograine avec microgranulateur	Semoir à double trémie (céréales ou monograine)
Semis colza et légumineuses en 1 seul passage	Toutes graines sauf fèveroles en mélange avec le colza	Petites graines uniquement (trèfles, lentilles, fenugrec) distribuées par le monograine	Toutes graines y compris fèverole, dans une trémie, la seconde trémie étant dédiée au colza
Semis légumineuses puis colza en 2 passages séparées	Toutes graines y compris fèveroles, semées lors du premier passage, le second passage étant dédié au colza		Non justifiée

g. Fertilisation azotée

Tout d'abord, il est important de rappeler que le colza est une culture exigeante en azote (Sauzet, 2018). En automne, les réserves du sol suffisent généralement puisque celui-ci en absorbe peu à cette période. Par contre, à la reprise de végétation en fin d'hiver-printemps, le colza a besoin d'absorber beaucoup d'azote si on veut obtenir une bonne ramification avec un nombre de siliques important et donc un bon rendement. La dose d'azote apportée est modulée suivant le rendement attendu, l'azote résiduel, le taux d'humus de la parcelle, les matières organiques épandues et la biomasse en fin d'hiver. De manière générale la dose apportée au printemps sera d'environ 160 à 200 unités pour un rendement d'environ 5 tonnes.

Lorsqu'on parle d'association avec des légumineuses, la notion d'azote symbiotique vient forcément à l'esprit. Différents avantages peuvent être observés grâce à ces dernières.

Au printemps, un effet direct des légumineuses est observable. En effet, durant l'automne, les légumineuses vont capter l'azote atmosphérique via les bactéries fixatrices d'azote présentes dans leurs nodosités et c'est, lors de leur dégradation, au printemps, que celles-ci vont, au fur et à mesure, le relarguer. Évidemment, la quantité apportée peut varier en fonction de la date de destruction, de leur développement, des espèces implantées, des conditions climatiques, de la vie du sol et beaucoup d'autres mais surtout de la biomasse sèche produite (Viaux, 2012). La quantité d'azote apportée par ces légumineuses au colza varie généralement de l'ordre de 20 à 40 kg/ha (Thomas & Sauzet, 2011) même si la légumineuse en a capté plus du double. La quantité d'azote relarguée est proportionnelle à la surface de la légumineuse en contact avec le sol. Ainsi, de la vesce gelée va être étalée au sol et va donc rendre une quantité d'azote importante contrairement à la féverole qui va rester debout, elle aura donc peu de contact avec le sol et en rendra peu au colza. L'azote restant sera donc disponible pour la culture suivante (Viaux, 2012).

De plus, très peu de transferts d'azote des légumineuses au colza à l'automne sont observés. En effet, lors de l'année d'implantation des légumineuses, les transferts sont faibles à négligeables (Louarn & al, 2017). Environ 0,45 % de l'azote de la légumineuse serait transféré vers le colza et cette même quantité d'azote serait aussi transférée du colza vers les légumineuses, ce qui représente très peu. En effet, seule une ou deux unités peuvent être relarguées par rhizodéposition (exsudats, mucilage, contenus cellulaires, renouvellement racinaire et des nodosités), ce qui augmente avec l'entremêlement des racines (Guihard, 2013).

L'intérêt d'installer des légumineuses est qu'elles sont autonomes en azote, elles ne vont donc pas absorber celui qui aurait pu être utile pour le colza et ne vont donc pas pénaliser son développement. De plus, leur C/N est bas, elles vont donc se dégrader rapidement en utilisant peu d'azote pour dégrader le carbone, ce qui va donc augmenter le stock d'azote du sol (Sauzet, 2018).

On peut observer également d'autres effets indirects, notamment la stimulation de la minéralisation du sol mais également au niveau racinaire. En effet, l'enracinement du colza est complémentaire à celui des légumineuses (Guihard M.-D. , 2013). Il se pourrait également que le colza soit un peu concurrencé pour la lumière, celui-ci, au lieu de développer ses parties aériennes, développerait de manière plus intense ses parties souterraines (Guihard M.-D. , 2013) (Greenotec, 2018). Cette hypothèse expliquerait pourquoi, un colza associé absorbe cinq unités d'azote en moins qu'un colza seul. En effet, la biomasse verte est souvent plus faible en hiver pour un colza associé, cependant, la concentration en azote de celui-ci est supérieure à du colza seul et est visuellement mieux alimenté, probablement dû au meilleur état racinaire et aux quelques unités (1 à 2 unités) de la rhizodéposition (Sauzet, 2016). La teneur en azote est en moyenne de 2,2% pour un colza en association alors qu'elle est de 1,6% pour du colza seul (Sauzet, 2018). Son efficacité d'utilisation de l'azote est également augmentée au printemps ce qui est expliqué par le développement racinaire plus intense (Sauzet, 2018). Grâce à cela, il est rare d'observer des carences azotées en entrée ou sortie d'hiver, même dans les parcelles à faibles reliquats azotés et il démarre généralement plus vigoureusement au printemps (Sauzet, 2018).

On peut, grâce à toutes ces améliorations, diminuer la dose de 30 unités, sans perturbation de la croissance, ni du nombre de siliques et de grains donc sans impact sur le rendement à condition évidemment que les plantes compagnes se soient suffisamment développées (Sauzet, 2016).

« Ainsi, l'intérêt des associations des cultures annuelles à base de légumineuses ne résiderait pas forcément, comme on le croit souvent, dans les transferts d'azote de la légumineuse vers la plante voisine, mais bien dans la force des complémentarités qui existent au sein de l'association pour l'exploitation des ressources » (Guihard M.-D. , 2013).

h. Gestion des adventices

Les plantes compagnes jouent un rôle important dans la gestion des adventices à levée tardive. En effet, la biomasse produite va impacter la croissance de ces dernières. Il ne faut évidemment pas croire que ces plantes vont remplacer à elles seules, un passage d'herbicide, elles ont cependant un pouvoir important sur le développement des adventices (Cadoux & Sauzet, 2016). Avec l'association d'autres leviers tel que le semis direct, il est possible de limiter l'utilisation des phytos (Cadoux & Sauzet, 2016).

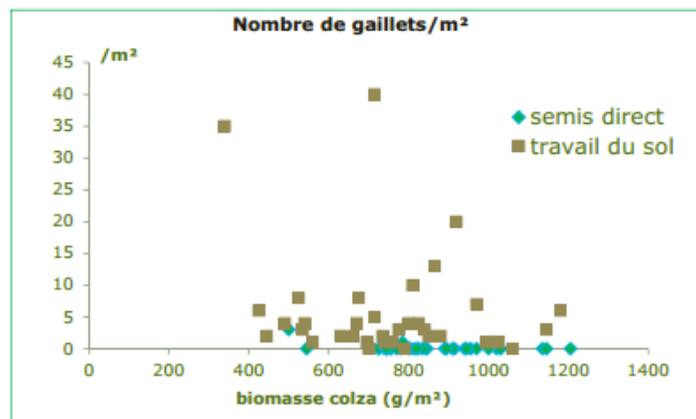


Figure 18: Nombre de gailllets/m² en fonction de la biomasse du colza et du type de semis. Source : (Sauzet, 2018)

Comme illustré dans la figure ci-dessus, la quantité de gailllets présent est nulle dans presque tous les cas avec le semis direct quelque soit la biomasse de colza, alors que lorsqu'il y a travail du sol, le nombre est plus élevé et plus aléatoire.

Des plantes associées qui se développent vite et qui sont bien développées vont affecter les adventices dicotylées, par ombrage principalement, mais également en diminuant leurs ressources en eau et minéraux (Sauzet, 2018). Certaines plantes ont également des propriétés allélopathiques⁷ lors de leur décomposition et vont donc inhiber la levée des adventices.

D'après les résultats de plusieurs années d'essais, Gilles Sauzet a pu mettre en évidence un nombre : 1,5... c'est la masse en kilo de matière fraîche par mètre carré que doivent atteindre les légumineuses avec le colza en automne afin d'avoir un réel effet sur les adventices. De manière générale, il s'avère que plus la biomasse est élevée, plus l'effet contre les adventices sera grand, l'objectif étant d'obtenir au minimum 1,5 kg.

⁷ Allélopathie : Capacité de certains végétaux d'empêcher, par l'émission de substances toxiques, le développement d'autres espèces dans leur voisinage. Les substances toxiques sont soit excrétées par les racines de la plante, soit libérées par la dégradation de débris de végétaux morts (Mazoyer, 2002).

Ainsi, comme montré sur le graphique ci-dessous, lorsque la biomasse fraîche dépasse 1,5 kg/m², le nombre d'adventices diminue fortement. Ceci est équivalent pour le colza seul, cependant cette biomasse est plus difficilement atteinte lorsqu'il n'y a pas de plantes compagnes.

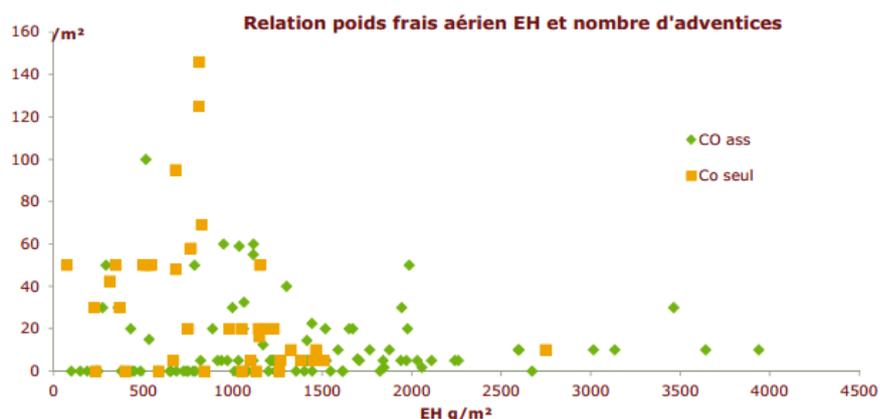


Figure 19: Relation du poids frais aérien EH et du nombre d'adventices Source : (Sauzet, 2018)

Qu'en est-t-il du programme de désherbage ?

Il sera adapté en fonction de chaque parcelle. Pour les terres sans problème important de salissement et ayant été semées précocement, il est possible de réaliser un programme herbicide allégé voir de le supprimer totalement dans le cas du colza associé.

Par contre, l'association a peu d'impact sur les graminées, c'est pourquoi le programme anti-graminée reste inchangé à la culture classique.

En ce qui concerne le programme anti-dicotylée, les herbicides peuvent avoir une certaine phytotoxicité sur les légumineuses, limitant voire empêchant leur développement comme le montre la Figure 20. Sur la gauche de la photo, on observe des légumineuses moins développées que dans les deux bandes de droite. Cette modalité a reçu un désherbage de pré-levée qui a fortement impacté la croissance du couvert. On remarque également que la bande du milieu est plus fournie que les deux autres car aucun désherbage n'a été effectué alors que la bande de droite est intermédiaire en ayant reçu un désherbage de post-levée. C'est pourquoi le stade d'application et

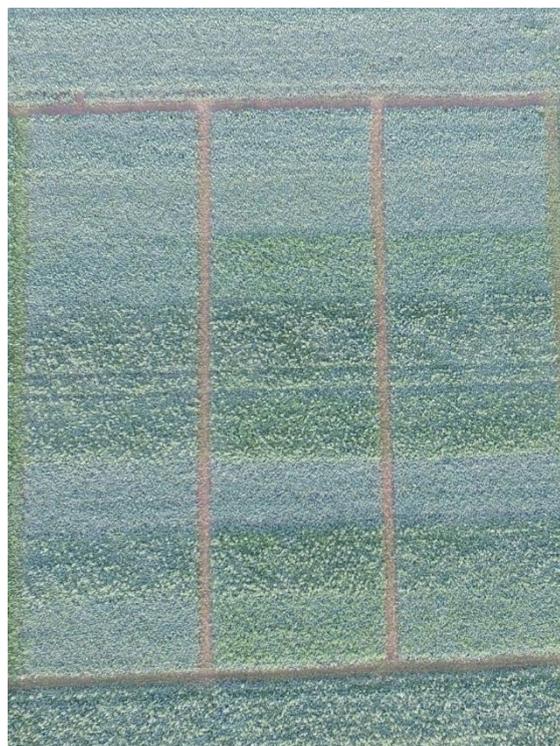


Figure 20: Photo aérienne d'un essai sur le désherbage (de gauche à droite: pré-levée, sans herbicide, post-levée)

le choix de la substance active auront une grande importance, le but étant d'avoir une assez grande biomasse afin qu'elles puissent apporter leurs bénéfices (Waligora, 2012).

De manière générale, plus un herbicide est appliqué tôt, moins il sera sélectif vis-à-vis des légumineuses. C'est pourquoi il est préférable de l'appliquer le plus tard possible afin d'avoir le moins d'impact néfaste. Les herbicides de pré-semis tel que le Centium® (clomazone) et de prélevée sont donc à déconseiller alors qu'une application en post levée du stade rayonnant jusque 2 à 4 vraies feuilles (B2 (BBCH 12) à B4 (BBCH 14)) avec un produit de type Butisan® est plus recommandé (Charbonnaud, Lieven, Tourton, & Rabourdin, 2017). Cependant, l'efficacité des herbicides sera dépendante des conditions climatiques post-traitement. En effet, s'il fait sec, peu de dommages seront observés sur les légumineuses alors qu'au contraire, si les conditions sont humides, des pertes importantes peuvent apparaître puisqu'il va descendre dans le sol et va donc être absorbé par les racines, étant beaucoup moins sélectif (Greenotec, 2017). La figure ci-dessous nous permet de décider quel type d'herbicide utiliser.

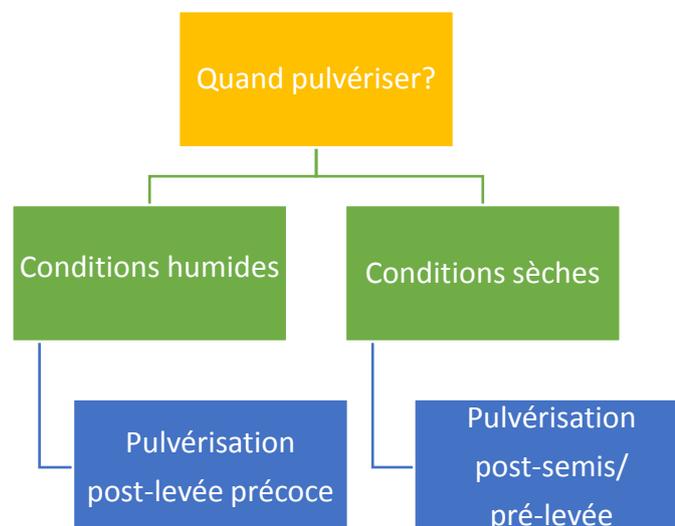


Figure 21: Arbre décisionnel de décision herbicides Source : (Greenotec, 2017)

Toutes les légumineuses n'ont pas la même sensibilité aux herbicides utilisés. Ainsi, les vesces et les fèves sont les plus résistantes alors que la lentille et les trèfles, particulièrement le trèfle d'Alexandrie sont plus sensibles (Waligora, 2012).

Il existe également des phytotoxicités de certains herbicides rémanents utilisés dans la culture précédente, notamment les sulfonilurées qui sont utilisées en désherbage céréales. Le trèfle blanc y est très sensible mais d'autres légumineuses peuvent être touchées par ces matières actives, il se peut donc que celles-ci ne lèvent pas.

Il se peut que des légumineuses n'aient pas été gelées durant l'hiver suite à des périodes de gel insuffisantes ou parce qu'elles n'étaient pas assez développées et étaient donc plus

résistantes au froid. Plusieurs espèces sont souvent retrouvées au printemps car elles n'ont pas gelé : la vesce et la féverole. Celles le plus souvent retrouvées vivantes fin d'hiver sont la vesce ou la féverole. La vesce peut être problématique à la moisson car celle-ci peut monter dans le colza et il faudra alors trier les grains ou elle sera considérée comme impureté. Lorsque la quantité de légumineuses non gelées est trop importante et pour éviter ces désagréments, il est possible d'appliquer du Matricon (clopyralid) en fin d'hiver afin de détruire les légumineuses problématiques. Il est évident que l'application d'un herbicide a un cout, c'est pourquoi il vaut mieux faire en sorte qu'elles soient bien détruites en les semant assez tôt et en choisissant bien ses espèces (Terre Inovia, 2018).

i. Ravageurs et maladies

Dans un contexte où l'efficacité de la lutte chimique est limitée et où l'usage des insecticides est de plus en plus controversé avec des résistances aux pyréthrinoïdes observées d'un côté, la diminution des familles autorisées et la volonté pour certains agriculteurs d'impacter le moins possible les auxiliaires de l'autre, des alternatives aux insecticides ont été trouvées avec le colza associé.

La résistance de la grosse altise (voir Figure 22) aux pyréthrinoïdes est de plus en plus observée et de plus en plus forte (Seyer, 2017). De plus, tout insecticide a un effet primaire et secondaire. C'est-à-dire qu'il va agir sur les ravageurs mais aussi sur les auxiliaires. En évitant un insecticide en automne, on garde les auxiliaires et on se prépare ainsi pour les attaques de méligèthes au printemps (Merchier & Herman, 2018). C'est pourquoi il faut penser à une utilisation raisonnée de cet insecticide, mais également des autres afin de ne pas créer en plus de nouvelles résistances. C'est-à-dire ne traiter que si des dommages importants à la culture pourraient apparaître ou agir préventivement en associant son colza (Charbonnaud & al., 2017).

Afin d'éviter le plus de dégâts dommageables des insectes d'automne, en ce qui concerne la grosse altise et le charançon du bourgeon terminal, il est nécessaire d'obtenir un colza vigoureux au moment des vols et des dates de pontes. Ainsi, une date de semis précoce et une implantation réussie, afin d'atteindre le stade quatre vraies feuilles avant les vols, sont déjà une qualité importante pour compenser les potentielles attaques. (Cadoux & Sauzet, 2016)

L'association avec différentes espèces permet également de limiter les attaques. En effet, les observations montrent trois fois moins de capture dans les parcelles associées (Charbonnaud & al., 2017) ce qui a pour conséquence la formation de moins de plantes buissonnantes⁸ (voir Figure 23) (Robert, 2017).



Figure 22: Photographie d'une grosse altise adulte
Source: (BASF)

⁸ Une plante buissonnante est une plante qui a été infestée par des altises ou des CBT et qui ont rejoint le cœur de la plante en détruisant le bourgeon terminal, provoquant des ports buissonnants (al., 2016)



Figure 23: Colza buissonnant

Ceci s'explique par une perturbation de la manière dont les insectes repèrent le colza :

1. L'odorat. Celui des insectes est particulièrement développé, il ne leur est donc pas difficile de repérer un champ de colza, celui-ci émettant, dès la levée, une grande quantité de substances chimiques, véritables stimuli pour les insectes. Installer des plantes compagnes les perturberait donc par le fait que ces plantes compagnes libèrent d'autres substances qui brouilleraient le message reçu, mais également des substances répulsives (Charbonnaud & al., 2017).
2. La vue. Lorsque le colza est associé et que les plantes compagnes dépassent le colza, ce dernier est « noyé » dans toute cette biomasse et les insectes ne le repèrent pas.

La fèveole est la légumineuse qui diminuerait le plus les dégâts. En effet, celle-ci est plus haute que le colza et met du relief dans le champ (voir Figure 24). De plus, nous avons vu ci-avant que le colza avait une croissance potentiellement plus dynamique lors de l'association avec la fèveole, ce qui permet également d'augmenter sa capacité de compensation (Robert, 2017).



Figure 24: Comparaison d'un colza pur (à gauche) et d'un colza associé à de la fèveole (à droite)

Voici un tableau reprenant tous les facteurs qui affectent les ravageurs et les maladies en cultures associées. Remarque : ce tableau n'est pas spécifique à l'association du colza, certaines cases ne sont donc pas d'application.

Tableau 2: Mécanismes en jeu dans les associations végétales et leurs interactions avec les ravageurs et les maladies (Corre-Hellou & al, 2014).

Facteurs	Mécanismes
Confusion visuelle (R)	<ul style="list-style-type: none"> - Protection de la plante hôte par des plantes compagnes qui la recouvrent - Certains phytophages sont plus attirés par une couleur particulière ou une texture de végétation uniforme
Dilution des stimuli (R)	<ul style="list-style-type: none"> - La présence de plantes non-hôtes peut masquer ou diluer les stimuli attractifs émis par la plante hôte. - Cela peut provoquer chez le phytophage des perturbations altérant l'orientation de l'insecte et nuisant aux processus de recherche de nourriture et de reproduction. - Les insectes se trouvant sur une plante non-hôte pourront quitter la parcelle plus rapidement.
Confusion (R)	<ul style="list-style-type: none"> - Des composés aromatiques de certaines plantes compagnes peuvent altérer les capacités des phytophages à trouver leur plante-hôte.
Barrière mécanique (R)(M)	<ul style="list-style-type: none"> - Des plantes compagnes peuvent bloquer ou ralentir la dispersion des phytophages et la propagation des champignons parasites; cela peut aussi être dû au fait que les plantes compagnes sont non-hôtes. - La nouvelle architecture de l'association peut modifier les modalités de dispersion entre organes d'une plante hôte (par exemple la projection des spores de champignon d'une feuille à l'autre).
Microclimat (R)(M)	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les associations végétales, les microhabitats sont plus diversifiés et les insectes peuvent avoir des difficultés pour localiser les endroits où les conditions leurs sont favorables. - Les couverts associés peuvent modifier les conditions de température et d'humidité impactant le processus d'infection et le développement de champignons pathogènes.
Facteurs biotiques (R)	<ul style="list-style-type: none"> - Les associations peuvent favoriser la présence de prédateurs et parasitoïdes.
Etat physiologique des tissus (M)	<ul style="list-style-type: none"> - L'architecture des couverts associés et la nouvelle allocation des ressources peuvent modifier l'état physiologique des tissus et leur réceptivité à la maladie (résistance ontogénique⁹).
Effets allélopathiques (M)	<ul style="list-style-type: none"> - Les exsudats racinaires d'une espèce peuvent inhiber la germination des spores et la sporulation de champignons pathogènes du sol.

⁹ Résistance ontogénique : augmentation du degré de résistance d'une plante à un pathogène avec l'âge et le stade de développement de la plante (Tivoli & Andrivon)

L'aspect biomasse est essentiel pour le camouflage du colza auprès des insectes d'automne. En effet, les essais montrent que plus la biomasse en entrée d'hiver est importante, plus l'action anti insecte/dynamisme du colza est marquée. Une biomasse fraîche totale (colza avec légumineuses) de 1 kg/m², permettrait l'obtention de 80% de plantes saines, ce qui n'aurait pas de répercussion sur le rendement. En outre, une biomasse de 1,5 kg/m², doit être un objectif puisqu'à partir de cette biomasse, les attaques seraient négligeables (Sauzet, 2018).

Peu d'études sont réalisées sur les ravageurs en colza associé car il est assez difficile de mesurer la pression. Cependant, Terre Inovia a réalisé des comptages de plantes buissonnantes à la floraison et a lié ces données avec la biomasse obtenue en entrée d'hiver.

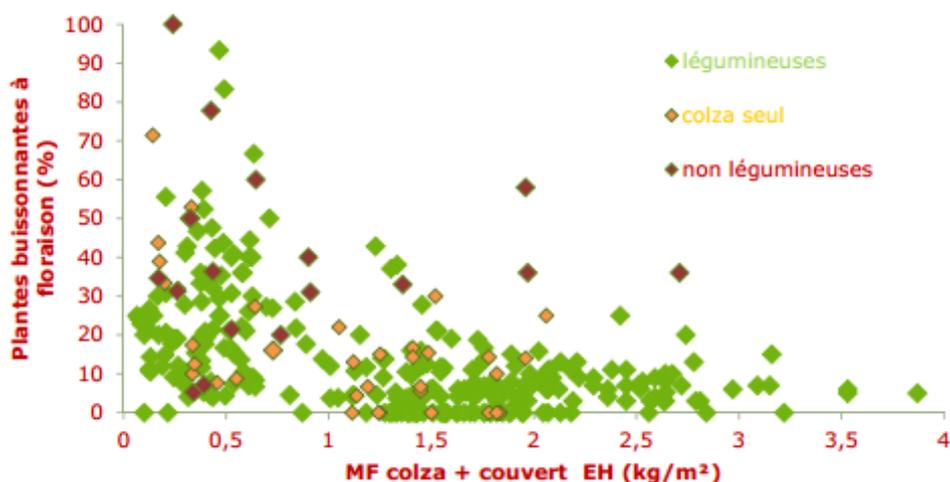


Figure 25: Pourcentage de plantes buissonnantes à la floraison en fonction de la biomasse fraîche totale en entrée d'hiver (chaque point représente une mesure)

On constate tout d'abord, qu'on arrive rarement à atteindre la masse de 1,5 kg en entrée d'hiver lorsqu'on a du colza seul et la même conclusion avec le colza associé à des non-légumineuses peut être constatée. Ainsi, lorsqu'on dépasse 1,5 kg, le pourcentage de plantes buissonnantes devient très faible, généralement en dessous des 20%. De plus, Gilles Sauzet a mesuré qu'en dessous 20% de plantes buissonnantes, il n'y avait pas d'effet sur le rendement. Il est donc possible d'éviter un traitement insecticide à l'automne avec l'association. Il est évident que la pression des insectes et la dynamique du colza décideront de l'intervention (Cadoux & Sauzet, 2016).

Grâce à l'association du colza avec des légumineuses, une diminution du nombre de larves d'altises est observable, à partir du moment où ces dernières ont produit assez de biomasse.

Cependant, l'introduction de légumineuses à répétition dans les rotations et les couverts peut provoquer le développement de divers pathogènes.

Les nématodes de la tige de la fève (*Ditylenchus dispaci gigas*) peuvent être introduits via les semences de fève, c'est pourquoi il faut être vigilant à l'achat de ses semences (Cadoux & Sauzet, 2016).

Il est évidemment nécessaire de parler du risque d'aphanomyces. *Aphanomyces euteiches* est un champignon de la famille des oomycètes qui attaque la majorité des légumineuses et provoque de la pourriture racinaire. La plupart des variétés ou espèces utilisées sont résistantes à ce pathogène, cependant, certaines sont plus sensibles et risquent de propager ce champignon, ce qui pourrait être dangereux et très dommageable si des légumineuses sont mises comme culture de rente dans la rotation, comme du pois par exemple (Gilbert).

A part ce risque d'aphanomyces concernant les légumineuses, aucun lien n'a été mis en évidence concernant les maladies des plantes compagnes et du colza. En effet, celles-ci n'affecteraient pas le colza mais ne diminueraient pas non plus celles qui attaquent le colza. Ainsi, le programme fongicide resterait inchangé au programme en culture pure (Cadoux & Sauzet, 2016).

Un des gros ravageurs de la culture de colza en début de saison est un animal d'un tout autre genre que les insectes, il s'agit de la limace grise. Il est souvent difficile de définir un seuil de nuisibilité parce qu'une limace au mètre carré peut faire les mêmes dégâts que 30 au mètre carré (J.V., 2017). En ce qui concerne le colza associé vis-à-vis de ces dévoreuses, les avis divergent. D'après certaines sources, l'association ne changerait pas le comportement des limaces, ainsi, le traitement de la parcelle se réaliserait de la même manière qu'en culture pure (Cadoux & Sauzet, 2016). Pour d'autres, l'association permettrait de les devancer ou de les empêcher de s'attaquer au colza. En effet, celui-ci est semé généralement plus tôt qu'en pur et étant sensible jusque quatre vraies feuilles, la durée possible d'attaque sera réduite voir même négligeable s'il devance les éclosions de limaces. (Cadoux & Sauzet, 2016). Certaines plantes compagnes, notamment, la lentille, le fenugrec, la gesse et le niger seraient très appétantes pour les limaces, ces dernières épargneraient alors le colza (Soltner, 2016) (J.V., 2017).



Figure 26: Limace grise Source: Terre Inovia

Enfin, l'association de colza permet aussi de lutter contre les pigeons en automne. Ceux-ci peuvent manger les limbes des feuilles en se posant entre les lignes de colza, pouvant provoquer plus ou moins de dégâts. Le couvert va permettre de remplir les espaces libres, ils n'ont donc plus de terre nue où se poser (Merchier, 2018).

j. Dans quels cas mettre en place le colza associé?

L'association de plantes compagnes au colza permet dans de nombreux cas d'améliorer de manière générale le système, cependant, elle n'est pas conseillée dans toutes situations.

Premièrement, il faut éviter les sols trop riches en azote pour l'association avec des légumineuses (Charbonnaud, Lieven, Tourton, & Rabourdin, 2017). En effet, plus il y a d'azote dans le sol, moins la masse des nodosités et leur activité sera importante (Guihard, 2013), Les légumineuses seront donc moins autonomes en azote et elles vont se faire étouffer par le colza. Les parcelles à fourniture faible, avec une profondeur de sol faible auront ainsi un effet légumineuse mieux valorisé. Des déplafonnements des rendements dans ce genre de milieu pourraient même être observés (Sauzet, 2018). L'épandage de matière organique sera par conséquent évité avant le colza ou les terres profondes avec reliquats importants ou les précédents de culture de légumineuse.

Il est également essentiel d'éviter les parcelles à haut risque de levées d'adventices dicotylées, les plantes compagnes n'étant pas un herbicide. Il faut particulièrement faire attention aux parcelles avec historique de gaillet grateron, de camomille (Hupin, Merchier, & Massin, 2016) ou encore de géranium (Cadoux & Sauzet, 2016) car les herbicides à utiliser contre ces plantes-ci ont une phytotoxicité importante vis-à-vis des légumineuses. Il faudra, dans cette situation, combiner d'autres techniques tel que le semis direct (Cadoux & Sauzet, 2016) et autres techniques évitant la levée des adventices.

k. Rendement

Les rendements sont évidemment un sujet des plus important puisqu'il conditionne la marge brute de la culture. A nouveau, l'association ne déçoit pas. Même si la biomasse du colza en entrée d'hiver est généralement plus faible en colza associé, il va vite se rattraper au printemps sans pénaliser le rendement (Hupin, Merchier, & Massin, 2016).

En effet, en moyenne, le rendement en grain est équivalent voire même plus élevé en associé qu'en culture pure et ce, même si une réduction de 30 unités d'azote a été faite (Cadoux & Sauzet, 2016). La production est donc inchangée voire même augmentée, alors que les coûts de production sont réduits, la marge brute de la culture est donc généralement augmentée.

Lorsque la fertilisation reste inchangée au témoin colza pur, le rendement est alors plus élevé. De manière générale, une augmentation de 1 à 4 q/ha est régulièrement observée (Cadoux & Sauzet, 2016).

De pertes peuvent également survenir dans différentes situations évitables : lorsque la vesce n'a pas gelé et concurrence les colzas au printemps. Également dans le cas de couverts peu développés qui ne produisent pas leurs bénéfices à l'automne. Et finalement, dans les situations à forte présence d'adventices non-dés herbées.

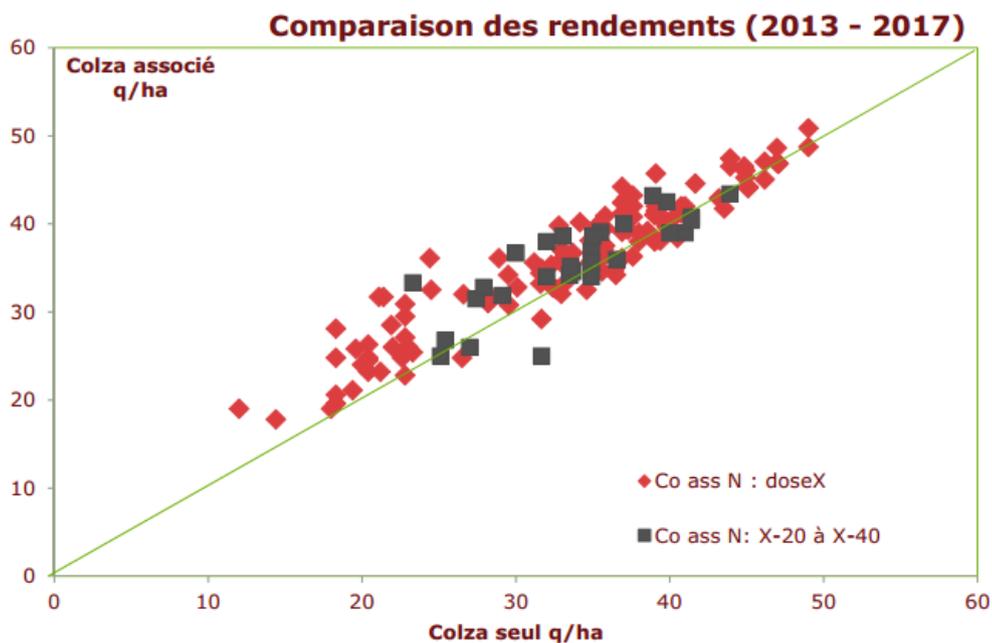


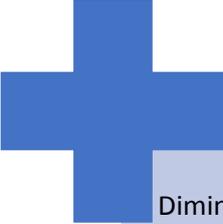
Figure 27: Comparaison des rendements du colza associé et pur. Source : (Sauzet, 2018)

Le graphique ci-dessus nous montre le rendement du colza associé en ordonnée et le rendement du témoin correspondant en abscisse. La diagonale traversant le graphique est une droite imaginaire qui représente l'ensemble des points ayant le même rendement en associé qu'en témoin. Si les points se situent au-dessus de cette diagonale, cela signifie que le rendement de l'associé est supérieur au témoin.

On remarque, que la plupart des points se retrouvent au-dessus de la droite à l'équilibre et donc que les rendements en associés sont plus élevés qu'en pur, et ce, même lorsque la dose d'azote a été diminuée.

I. Récapitulatif

La figure ci-dessous reprend un petit récapitulatif des avantages et des inconvénients de la technique des colzas associés.



Diminution de l'apport d'azote minéral (20 à 40 uN) grâce à la captation de l'azote atmosphérique et efficacité accrue de l'utilisation de l'azote	Augmentation du cout de semis dans le cas d'un semis en deux passages
Limitation de l'érosion grâce à la couverture végétale	Augmentation du cout de semence (40 à 60€) par l'ajout de semences de plantes compagnes
Diminution des phytos (herbicide et insecticide)	Cout destruction chimique parfois nécessaire pour les légumineuses non gelées
Amélioration du système racinaire du colza	Adaptation de son itinéraire technique
Augmentation de la porosité du sol via les racines	
Stabilisation et augmentation des rendements	

Figure 28: Récapitulatif des avantages et inconvénients de la technique du colza associé

m. Froment de colza associé

Peu de données sont encore disponibles puisque peu d'essais ont été menés. Cependant, le précédent colza associé aurait un impact sur le rendement du froment qui suit (voir Figure 29) (Hupin, Merchier, & Massin, 2016). En effet, un effet boost pourrait être attendu principalement grâce aux reliquats d'azote des plantes compagnes. En effet, comme vu au chapitre « g. Fertilisation azotée », la quantité d'azote relarguée par la légumineuse est proportionnelle à la surface en contact avec le sol. Certaines plantes n'ont pas été totalement décomposées durant la culture du colza, il reste donc de l'azote encore disponible pour la culture qui suit. Le froment va donc en profiter. De plus, l'amélioration globale du système avec l'apport de matière organique, une meilleure activité microbienne et une structuration du sol accrue sont tous des éléments amenant au bon développement du froment.

Ce graphique nous montre le rendement du froment après différentes associations de colza dans un essai. L'essai a été volontairement sous-fertilisé pour le froment à 130 unités d'azote afin d'accentuer les différences.

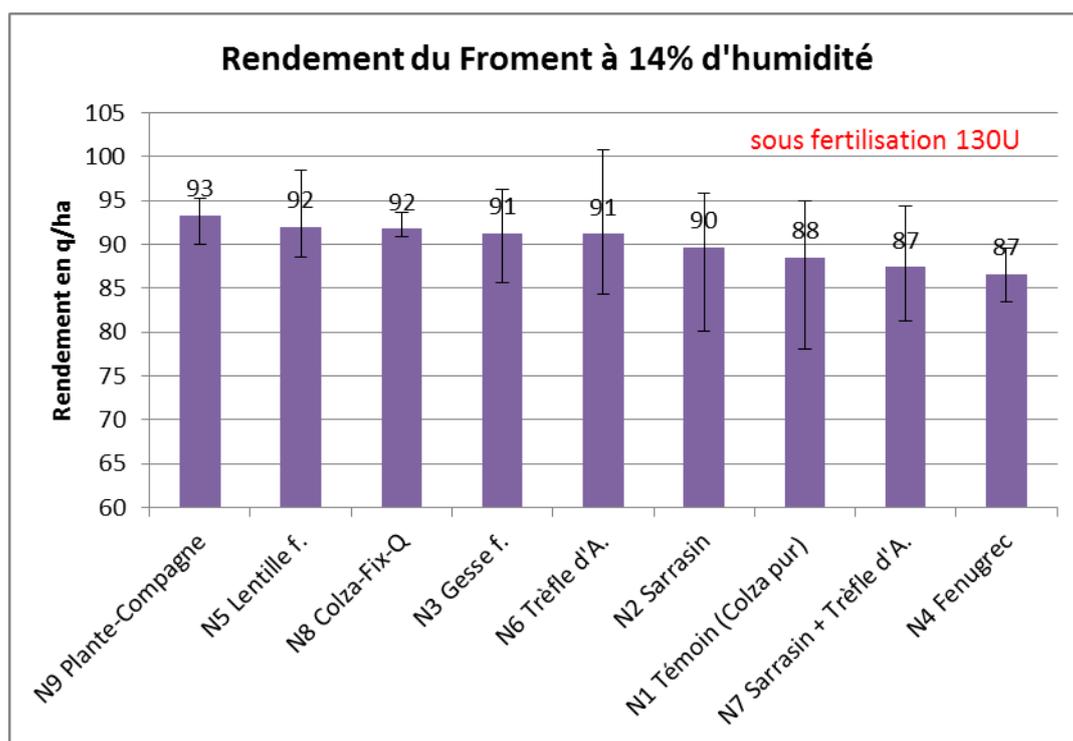


Figure 29: Graphique du froment après colza associé

On peut constater que la majorité des modalités produisent un rendement supérieur au froment après colza non-associé. La meilleure modalité donne cinq quintaux en plus.

III. Partie pratique

1. Parcelles d'essai

Pour la réalisation de ce mémoire, 12 parcelles d'essais ont été implantées, elles sont réparties dans différentes régions agricoles. La carte ci-dessous (Figure 30) nous indique l'emplacement des essais à l'échelle nationale.



Figure 30: Répartition des essais Source: Google maps

Le choix des agriculteurs et des parcelles ne se fait pas au hasard. En effet, il faut que l'agriculteur soit intéressé par la technique et ensuite qu'il occupe une parcelle homogène destinée à une culture de colza étant caractérisée par une pente inexistante ou très faible.

Le choix des modalités s'est effectué suivant les préférences des agriculteurs et leurs motivations. Différents objectifs étaient poursuivis, c'est pourquoi, différents mélanges ont été choisis comme le montre le Tableau 3.

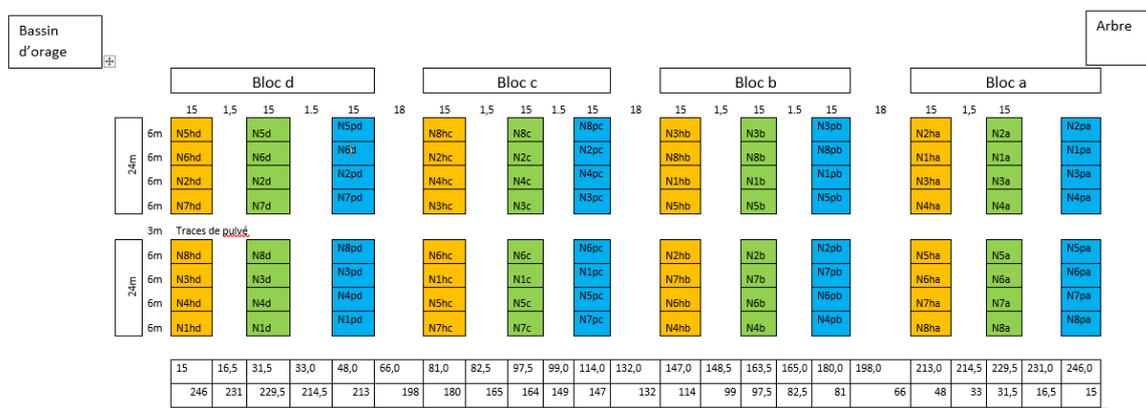
Tableau 3: Espèces associées et objectifs de chaque essai

Région agricole	Localisation	Espèces associées	Abréviation	Objectif de l'essai
Condroz	Liège (Antheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Vesce José/Pois Andrea/Féverole d'hiver - Lotier corniculé/TB Rivendel 	<ul style="list-style-type: none"> - VJ/PA/Fh - LC/TB 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester la faisabilité en agriculture biologique - Tester différents couverts
Condroz	Namur (Assesse)	<ul style="list-style-type: none"> - Gesse/Fenugrec/Lentille (Colza Fix Trio) 	<ul style="list-style-type: none"> - Colza Fix Trio (G/F/L) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparaison désherbage
Condroz	Namur (Bois-de-Villers)	<ul style="list-style-type: none"> - Trèfle Blanc - Trèfle Blanc/Lotier 	<ul style="list-style-type: none"> - TB - TB/LC 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester le semis de CDI en fin d'hiver
Condroz	Liège (Clavier)	<ul style="list-style-type: none"> - Lentille/Féverole/Trèfle blanc 	<ul style="list-style-type: none"> - Fp/L/TB 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester différentes fertilisations azotées - Comparaison désherbage
Condroz	Hainaut (Gerpennes)	<ul style="list-style-type: none"> - Féverole/Lentille/Trèfle d'Alexandrie 	<ul style="list-style-type: none"> - Fp/L/TA 	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmer la technique
Condroz	Liège (Marchin)	<ul style="list-style-type: none"> - Féverole/Lentille (Colza Fix élite) 	<ul style="list-style-type: none"> - L/Fp 	<ul style="list-style-type: none"> - Familiariser l'agriculteur à la technique
Condroz	Liège (Terwagne)	<ul style="list-style-type: none"> - Lentille/Fenugrec/Mélimot/Féverole 	<ul style="list-style-type: none"> - L/F/Me/Fp 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrer les mulots - Tester la diminution de désherbage
Condroz	Namur (Verlée)	<ul style="list-style-type: none"> - Féverole/Lentille/Trèfle d'Alexandrie - Féverole/Lentille/Trèfle Alexandrie/Trèfle Blanc - Gesse/Fenugrec/Lentille (Colza Fix Trio) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fp/L/TA - Fp/L/TA/TB - Colza Fix Trio (G/F/L) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparaison désherbage - Tester différents couverts

		<ul style="list-style-type: none"> - Vesce/Trèfle d'Alexandrie (JD2) - Féverole/Niger/Lentille/Trèfle d'Alexandrie/Vesce/Gesse - Mélange (fonds de sacs des autres modalités et cultivé sans phyto) 	<ul style="list-style-type: none"> - JD2 Vp/TA - Fp/Ny/L/T A/V/G - Mélange 	
Limoneuse	Hainaut (Herquegies)	<ul style="list-style-type: none"> - Lentille/Fenugrec/Trèfle Blanc 	<ul style="list-style-type: none"> - L/F/TB 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester la faisabilité en agriculture biologique
Limoneuse	Hainaut (Merbes-le-Château)	<ul style="list-style-type: none"> - Féverole/Trèfle d'Alexandrie/Trèfle Blanc 	<ul style="list-style-type: none"> - Fp/TA/ TB 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester la diminution de la fertilisation azotée - Tester différents couverts
Sablo-limoneuse	Brabant-Wallon (Corbais)	<ul style="list-style-type: none"> - Vesce pourpre/Trèfle d'Alexandrie (JD2) - Gesse/Fenugrec/Lentille (Colza Fix Trio) - Trèfle d'Alexandrie/Lentille - Trèfle d'Alexandrie/Lentille/Féverole - Trèfle d'Alexandrie/Lentille/Féverole/Trèfle Blanc - Lentille/Féverole/Sarrasin/Niger 	<ul style="list-style-type: none"> - Vp/TA (JD2) - Colza Fix Trio (G/F/L) - TA/L - TA/L/Fp - TA/L/Fp/T B - L/Fp/Sa/Ny 	<ul style="list-style-type: none"> - Tester la diminution de la fertilisation azotée - Comparaison désherbage - Tester différents couverts
Sablo-limoneuse	Brabant-Wallon (Mellery)	<ul style="list-style-type: none"> - Vesce/ Trèfle d'Alexandrie (JD2) 	<ul style="list-style-type: none"> - JD2 Vp/TA 	<ul style="list-style-type: none"> - Familiariser l'agriculteur à la technique

Tous ces essais sont des essais en bande. C'est-à-dire que des bandes sont créées sur la longueur du champ et chacune d'elle correspond à une modalité. Afin d'obtenir des résultats comparables, il est essentiel que la terre soit homogène, sans pente élevée et que les essais ne soient pas situés sur les passages du pulvérisateur.

L'essai de Corbais, situé dans la région sablo-limoneuse comprend un essai en bande ainsi qu'un essai plus complet. Il s'agit ici d'un essai comprenant un carré latin de quatre répétitions. « Un carré latin est un tableau carré de n lignes et n colonnes remplies de n éléments distincts dont chaque ligne et chaque colonne ne contient qu'un seul exemplaire » (Carré latin, 2018). L'essai comprend, en largeur, six associations différentes et deux témoins colza purs dont un avec une augmentation d'azote de 30uN. En longueur, trois modalités de désherbage ont été réalisées (voir Figure 31 ¹⁰).



Objet	Espèce de couvert associé
N1	Témoin colza pur + gaillet + chénopode + matricaire camomille
N2	Témoin colza pur +30 uN
N3	Vp/TA (JD2)
N4	G/F/L (Colza Fix Trio)
N5	L/TA
N6	Fp/L/TA
N7	Fp/L/TA/TB
N8	Fp/L/Ny/Sa + gaillet + chénopode + matricaire camomille

	Sans désherbage d'automne
H	Avec désherbage d'automne (1,7l/ha Butisan gold post-levée) BBCH12
P	Avec désherbage d'automne Butisan gold + centium pré-levée (post-semis) <BBCH09

Figure 31: Représentation de l'essai de Corbais

¹⁰ Les représentations des essais sont disponibles en annexe 1

Les photographies suivantes nous montrent à quoi ressemblaient les modalités au 10 novembre 2017 sans le désherbage.



Figure 32: Photographies des modalités non désherbées au 10 novembre 2017

2. Mesures réalisées

a. Suivi de culture

Les visites des essais se sont réalisées de manière régulière tout au long de la saison afin d'évaluer visuellement le bon développement des couverts et du colza mais aussi pour voir si tout se déroulait dans de bonnes conditions du point de vue des adventices et des ravageurs.

b. Mesure de la biomasse du colza et des couverts formés à l'automne

Des mesures de biomasse du colza et des couverts ont été réalisées durant le mois de novembre dans tous les essais. Les prélèvements de la biomasse aérienne se sont déroulés via des cadres de 0,25 m² (voir Figure 33). Le colza et les plantes compagne ont été placés dans des sacs microperforés distincts. Chaque sac a, par la suite, été pesé et placé dans les étuves du CIPF durant 72 heures environ à 70°C. Une fois secs, les échantillons ont de nouveau pu être pesés afin de connaître leur biomasse sèche.

Des répétitions ont été faites dans chaque modalité afin d'avoir un résultat plus représentatif. Les biomasses ont en effet été prises 4 fois par modalité dans les essais en bande alors qu'elles ont été prélevées 2 fois par micro-parcelle dans l'essai scientifique. Tous les prélèvements sont toujours réalisés sur le côté droit de l'essai afin de ne pas abimer ce qui est récolté.



Figure 33: Prélèvement des biomasses en EH

c. Mesure de la présence d'adventices

Nous avons vu, ci-avant que l'association du colza avec des plantes compagnes pouvait avoir un impact sur le développement des adventices, permettant de réduire le programme herbicide. Pour confirmer ces dires, des comptages d'adventices ont été réalisés dans cinq champs d'essais en bande à Assesse, Clavier, Mellery et Verlée ainsi que dans l'essai scientifique. Les comptages se sont déroulés du 6 au 13 mars.

Le mode opératoire était pour chaque modalité d'étendre deux mètres déroulés sur une distance déterminée, écartés l'un de l'autre de deux mètres et placés sur le côté droit de la parcelle (voir Figure 35). Une fois ceux-ci déroulés, nous comptons, tout en prélevant, les adventices présentes en faisant une distinction entre dicotylées et graminées. Lorsque le nombre était trop important, des jalons étaient enfoncés à côté de chaque adventice afin de ne pas en oublier (voir Figure 34). Pour chaque modalité, quatre répétitions étaient réalisées, sauf pour Corbais, où la longueur totale de la modalité était analysée.



Figure 34: Photo des jalons placés sur chaque adventice



Figure 35: Photo des mètres étendus

Pour Corbais, les comptages ont été réalisés dans l'essai scientifique dans quatre modalités, un témoin avec semis de gaillet grateron, matricaire camomille et chénopode, un témoin pur, un mélange TA/L/Fe, et un mélange L/Fe/Sa/Ny avec également semis de gaillet grateron, matricaire camomille et chénopode. Le comptage a été réalisé dans les quatre blocs avec les trois modalités de désherbage. Pour Verlée, les comptages ont été réalisés dans deux témoins et dans deux associations ayant reçu deux doses herbicides différentes et finalement un associé non-désherbé. En ce qui concerne les trois derniers essais, les comptages ont été réalisés dans les témoins et dans l'associé désherbé et/ou non-désherbé.

d. Semis de CDI en fin d'hiver

Afin de permettre un rattrapage en cas de non levée du TB suite aux rémanences des herbicides, l'Asbl Greenotec voulait tester le semis de CDI en fin d'hiver. Différents semis ont donc été réalisés chez Monsieur Laurent Bournonville à Bois de Villers, dans une parcelle de colza homogène. Les semis se sont réalisés le 1^{er} mars à l'aide d'un semoir Delimbe monté sur un quad. L'essai comprend une bande témoin et trois autres bandes associées de 18 mètres de larges chacune sur 100 mètres de longueur.

La première modalité a été semée avec du TB à 11 kg/ha environ, la deuxième à 17 kg/ha avec un mélange lotier/TB et la troisième semée à nouveau avec du TB mais à une densité de 5,5 kg/ha environ.

e. Mesure des attaques d'insectes d'automne

Les insectes d'automne, particulièrement, les altises d'hiver, se nourrissent des jeunes feuilles de colza durant l'automne et pondent, quelques jours après leur arrivée, au pied des plants de colza, dans le sol. Les éclosions vont s'étaler d'octobre à janvier.

Nous avons donc réalisé un dénombrement des larves qui semblait plus réalisable qu'un dénombrement d'insectes adultes.

Pour ce faire, nous avons mis en œuvre le test Berlèse

Le mode opératoire consiste, tout d'abord, à prélever quatre fois cinq colzas consécutifs par modalité. Les prélèvements se sont déroulés du 22 au 27 mars dans plusieurs essais. Aucun prélèvement n'a été fait dans l'essai scientifique, la taille des parcelles semblant trop petites pour avoir un effet. Ils ont donc été réalisés dans l'essai en bande de Antheit, Corbais, Clavier, Terwagne et Gerpennes.

Les colzas ont alors été nettoyés à l'eau claire et le pivot ainsi que les limbes non attaqués ont été retirés. De l'eau salée a été ajoutée au fond de plusieurs seaux et un grillage a été positionné dans ce dernier, au-dessus de l'eau, soutenu par un gobelet. Chaque prélèvement de cinq colzas a été déposé sur le grillage afin qu'ils sèchent (voir Figure 36) et que les larves sortent et tombent dans l'eau.



Figure 36: Colzas mis à sécher

La pièce où ont reposé les plantes se situait dans les installations du CRA-W de Gembloux (voir Figure 37) et était maintenue à une température d'environ 16-18°C.

Les comptages se sont déroulés 15 à 25 jours plus tard suivant le stade de dessèchement des colzas (voir Figure 38).



Figure 37: Vue d'ensemble des seaux



Figure 38: Larve d'altise dans l'eau

f. Mesure de la biomasse du colza à la floraison

La croissance du colza jusqu'à la floraison est très importante. En effet, la biomasse qu'il atteint à ce stade nous permet d'avoir une idée de la quantité d'éléments absorbés, qu'il pourra mobiliser pour former les siliques. Lorsqu'il atteint 4 kg/m² de matière sèche, sa croissance ne limitera pas le rendement dans l'objectif de 4 tonnes/ha. Ainsi, 6 tonnes de matière sèche par hectare serait optimum, signifiant qu'il a absorbé 185uN, alors que 9 tonnes serait considéré comme consommation de luxe (Sauzet, 2018).

Les mesures consistaient à prélever tous les colzas présents sur un mètre carré délimités par des cadres de 1x1 m (voir Figure 39), et de les peser afin de connaître la matière fraîche totale sur un hectare. Les prélèvements n'ont pas été réalisés sur tous les essais par manque de temps.



Figure 39: Cadre d'un mètre carré

Des répétitions étaient réalisées afin d'obtenir une moyenne la plus proche possible de la réalité. Une fois pesés, des parties de colzas étaient prélevées via une sonde emporte-pièce (voir Figure 40), les résidus étaient ensuite, insérés dans des sachets micro-perforés, le tout étant pesé (voir Figure 41), pour finalement, être déposés dans les étuves du CIPF durant 72 h à 70°C (voir Figure 42). Une deuxième pesée des sachets une fois sortis des étuves était réalisée afin de connaître le pourcentage de matière sèche des colzas.



Figure 40: Prise d'échantillon de colza via un emporte-pièce

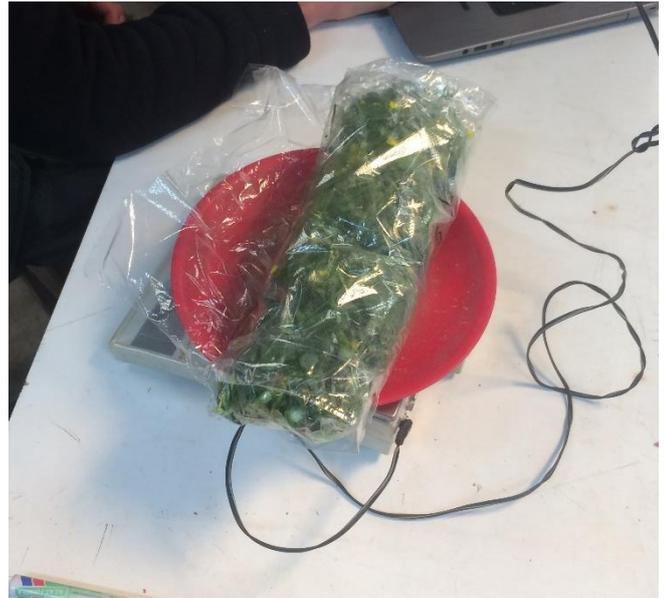


Figure 41: Mesure de la masse de l'échantillon



Figure 42: Echantillons de colza placés dans l'étuve

g. Azote

Afin de connaître la quantité d'azote relarguée par les plantes compagnes, des mesures d'azote du sol ont été réalisées dans différentes modalités témoin et associées, fertilisées et non-fertilisées sur la parcelle de Clavier. Cependant, il peut être difficile d'évaluer la quantité d'azote relarguée puisque le colza va le pomper au fur et à mesure qu'il est disponible, c'est pourquoi, des zones nues ont été créées. Le début de culture s'est déroulé de la même manière que le reste de la parcelle. Une fois en hiver, des zones de deux mètres dans lesquelles, le colza a été coupé et laissé sur place ont été créées. Les légumineuses se sont donc décomposées et de l'azote a été relargué. Comme aucune plante ne pousse, l'azote ne va pas être absorbé et il est donc possible de faire la différence entre la quantité du témoin et de l'associé grâce à des prélèvements. Ces prélèvements ont été réalisés le 18 avril à l'aide de sondes enfoncées jusque 90 cm dans le sol. Ces sondes permettent de prélever de la terre sur toute la profondeur qui sera par la suite analysée en laboratoire.

h. Mesure du rendement et de la qualité technologique du colza

Les mesures de rendement ont été réalisées du 9 juillet au 27 juillet. Pour les essais en bande, la récolte s'est effectuée avec les moissonneuses-batteuses utilisées chez les agriculteurs alors que l'essai scientifique de Corbaix a été récolté avec la moissonneuse expérimentale de Redebel (voir Figure 43 et Figure 44).



Figure 43: Photographie de la largeur de coupe de la moissonneuse expérimentale



Figure 44: Photographie de la moissonneuse expérimentale

Afin de mesurer les rendements moyens des modalités, le début et la fin de chaque bande a été détourné pour obtenir des longueurs identiques. La surface récoltée est donc la même dans chaque modalité. La surface doit produire environ 400 kg pour pouvoir tout mettre dans un big-bag. Avant le passage dans l'essai, la trémie de la moissonneuse-batteuse est vidée au maximum de sorte que les résultats soient le plus juste possible. Après, la machine récolte une bande à la fois en étant le plus droit possible et vide le contenu de sa trémie dans un big-bag suspendu aux fourches d'un télescopique (voir Figure 45).



Figure 45: Vidange de la trémie dans le big-bag

Le big-bag est par la suite pesé grâce à un peson accroché au big-bag d'une part et d'une fourche de l'autre. Les résultats obtenus sont alors convertis suivant la largeur de la table, la longueur, en kg/ha.

Pour l'essai de Merbes-le-Château, l'entrepreneur utilisait une nouvelle machine de démonstration qui mesurait en temps réel le poids de colza, la surface moissonnée ainsi que l'humidité. C'est donc grâce à la moissonneuse que nous avons pu connaître le rendement.

Des échantillons ont été prélevés dans différentes modalités et ont été placés dans l'humidimètre, appareil qui mesure l'humidité et le poids spécifique de la SCAM.

i. Mesure du rendement du froment après colza associé

Des mesures du rendement du froment après colza ont été réalisées sur deux parcelles, une à Court-Saint-Etienne et l'autre à Fromiée. Ces deux parcelles faisaient partie des parcelles d'essai colza associé de l'année 2017. Les essais étaient réalisés en longues bandes et comprenaient un colza témoin et un associé.

Afin de mesurer les rendements moyens des modalités, le début et la fin de chaque bande a été détourné pour obtenir des longueurs identiques, suivant la largeur de la table de la batteuse. Avant le passage dans l'essai, la trémie de la moissonneuse-batteuse est vidée au maximum de sorte que les résultats soient le plus juste possible. Après, la machine récolte une bande à la fois en étant le plus droit possible et vide le contenu de sa trémie dans un big-bag suspendu aux fourches d'un télescopique. Le big-bag est par la suite pesé grâce à un peson accroché au big-bag d'une part et d'une fourche de l'autre. Les résultats obtenus sont alors convertis suivant la largeur de la table, la longueur, en kg/ha.

3. Résultats et discussion

a. Année particulière pour les colzas

Cette année, des inquiétudes à la floraison étaient particulièrement présentes. En effet, des avortements des boutons floraux ainsi que des avortements des siliques récemment formées étaient constatés dans beaucoup de parcelles en Wallonie (voir Figure 46). De nombreux agriculteurs se sont demandés si un retournement de la parcelle n'était pas plus judicieux, certains sont d'ailleurs passés aux actes alors que d'autres auraient dû. Dans certains cas, des parcelles entières n'ont pas fleuri, ceux qui avaient un bon état végétatif ont pu compenser et refleurir une à deux semaines par après, contrairement aux colzas qui avaient un développement limité et qui ont souffert de plusieurs stress (dégats de gel, attaques de ravageurs, excès d'eau,...). En effet deux parcelles cote à cote peuvent avoir des comportements totalement différents



Figure 46: Colza ayant des problèmes de floraison

Plusieurs facteurs combinés ensemble sont probablement en cause de ces avortements. Ci-dessous, différentes causes probables :

- Les méligèthes ont probablement eu un gros impact sur la floraison. Leurs attaques ont fait mal par le nombre d'individus présents et par le retard de croissance du colza. En effet, un grand nombre sont arrivés alors que le colza n'était pas encore en floraison, la période de sensibilité fut donc assez longue (Van Boxtom & al, 2018).

- Les parcelles ayant subi d'importants dégâts de larves de grosses altises ont souffert de manière plus intense, ceux-ci étant déjà affaiblis. De même que pour les charançons de la tige (voir Figure 47) qui ont aggravé leur état (Van Boxsom & al, 2018).



Figure 47: Dégâts de charançons de la tige

- D'autres causes seraient d'ordre physiologique. La météo et un défaut d'alimentation seraient en cause. Le colza a besoin d'une quantité importante d'éléments lors de la floraison pour fournir les boutons floraux. Cependant, il semble qu'il a été incapable de fournir ces éléments en temps voulu. L'explication serait donnée par les événements climatiques hivernaux et printaniers survenus. Le premier élément serait les périodes de gel de début mars. Ce gel a fortement affecté les colzas à certains endroits. Ainsi, une perte importante de biomasse a été observée ce qui a provoqué une activité synthétique amoindrie, se traduisant par une assimilation diminuée de carbone. Ensuite, des vagues de chaleur sont arrivées en avril alors que le sol était encore très froid (Cartrysse & De Proft, 2018). Plus de 8 jours ont été mesurés avec des températures supérieures à 20°C à Uccle alors que la normale n'est que de 3,2°C (IRM, 2018). Cette chaleur a provoqué un développement rapide du colza, que ce soit en taille qu'en stade, il est passé très vite au stade floraison. Les parties florales demandaient une quantité importante d'éléments minéraux que le système racinaire n'a pas pu fournir (Van Boxsom & al, 2018) (Cartrysse & De Proft, 2018).

C'est donc plus vraisemblablement la combinaison de ces facteurs qui a produit cette non-floraison (Van Boxsom & al, 2018).

Les parcelles d'essais ont été touchées de manière différente mais aucune n'a été fortement endommagée.

b. Biomasse

Biomasse des couverts en entrée d'hiver dans les années antérieures

La figure suivant nous montre la biomasse sèche de différents couverts en entrée d'hiver de l'année 2012 à 2018 pour les essais scientifiques. L'année indiquée est celle de la récolte de l'essai. Les biomasses ont donc été mesurée durant l'automne de l'année précédente.

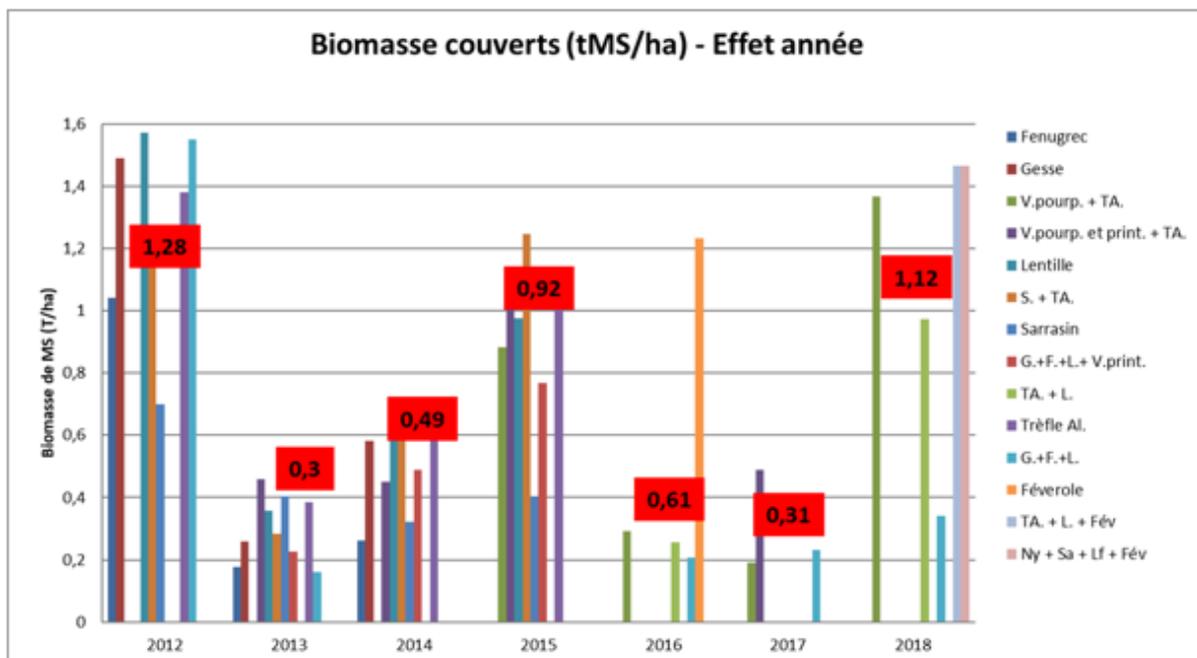


Figure 48: Biomasse sèche des couverts en EH suivant l'année

Aucun traitement statistique n'a été réalisé. La première remarque à faire est l'importance de l'effet année. Alors que les années 2012, 2015 et 2018 produisent des biomasses relativement élevées, entre 0,92 et 1,28 T/ha en moyenne, les années 2013, 2014, 2016 et 2017 produisent entre 0,3 et 0,61 T/ha en moyenne. Un couvert donnant une biomasse importante en 2018, le Vesce pourpre/Trèfle d'Alexandrie par exemple, produit beaucoup moins de biomasse en 2016 ou 2017.

On peut également mettre en évidence l'effet couvert. Tous les mélanges ne produisent pas la même biomasse. On peut par exemple remarquer que la modalité GFL (bleu) a produit un peu plus de 0,3 T/ha en 2018 alors que d'autres couverts ont produit plus de 1,4 T/ha la même année dans le même essai.

Biomasse sèche des couverts

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, la biomasse des couverts impacte le développement des adventices, les attaques des insectes ravageurs, la quantité d'azote disponible et bien d'autres.

Le graphique ci-dessous nous montre la biomasse sèche des couverts en entrée d'hiver. Chaque couvert est présenté dans une couleur, une couleur pouvant se retrouver plusieurs fois si le même couvert a été utilisé dans différentes parcelles. Les biomasses des couverts ont été calculées avec les biomasses des modalités désherbées et non-désherbées ensemble. Ce graphique représente les modalités de tous les essais, scientifiques et en bande.

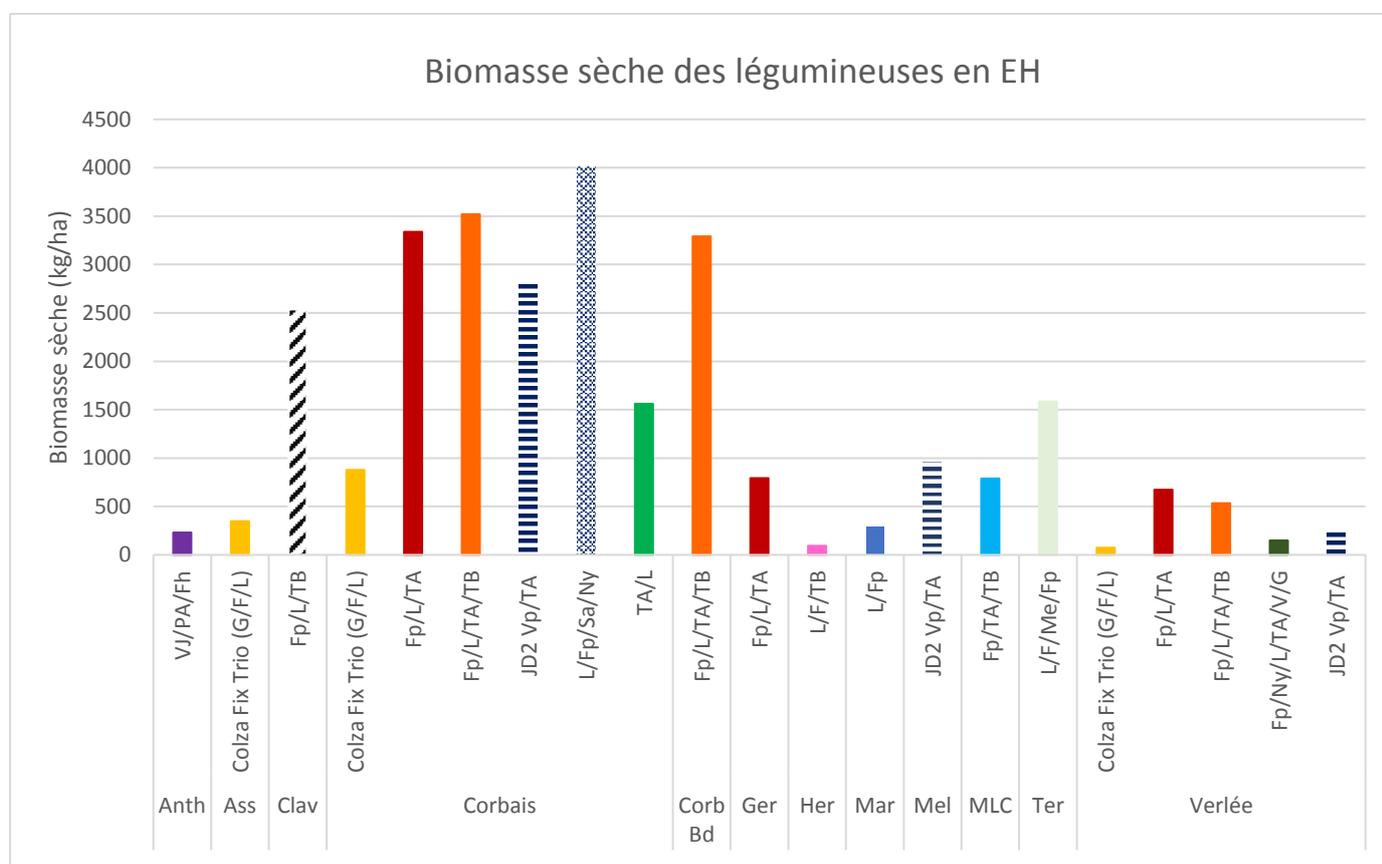


Figure 49: Graphique de la biomasse sèche des légumineuses en EH

Aucun traitement statistique n'a été effectué sur ces résultats. L'observation du graphique montre que des disparités sont présentes entre tous les essais. Les couverts ont produit beaucoup de biomasse dans les parcelles de Clavier, Corbais et Terwagne alors que les autres essais ont montré des biomasses plus faibles. Cela peut s'expliquer par la date de semis, vers le 23 août pour les biomasses plus importantes et le 7 septembre pour Verlée par exemple.

On peut remarquer que le mélange commercial de Jouffray-Drillaud, JD2 produit une biomasse élevée à Corbais alors qu'il produit peu dans les essais de Mellery et Verlée. L'autre mélange commercial Colza-Fix-Trio de Sem-Partners, a été implanté dans trois parcelles, à Assesse, Corbais et Verlée et on peut remarquer qu'il produit peu de biomasse dans tous les essais.

Les modalités à base de fèverole, lentille, trèfle d'Alexandrie et/ou trèfle blanc donnent des biomasses assez élevées dans chaque parcelle (Clavier, Corbais, Verlée).

Biomasse sèche totale

Ci-dessous, nous retrouvons le graphique de la biomasse sèche du colza et des légumineuses exprimés en pourcentage par rapport au témoin colza seul correspondant, ce dernier représentant 100%. Il reprend les mélanges des essais en bande ainsi que l'essai scientifique.

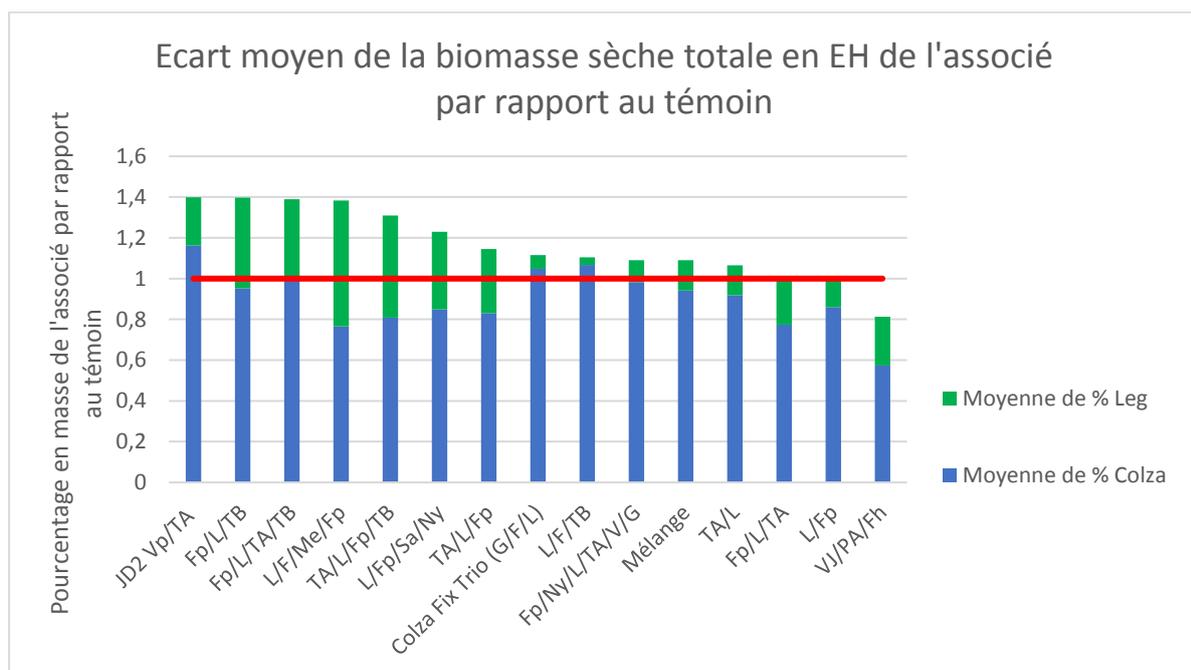


Figure 50: Graphique de la biomasse sèche du colza et du couvert par rapport au témoin

Ce graphique reprend la moyenne de chaque mélange, un mélange pouvant se retrouver sur différents sites avec différents désherbages réalisés.

Aucun traitement statistique n'a été effectué sur ces résultats mais il est intéressant de remarquer que le développement du colza est moindre, comme nous l'avons vu précédemment, lorsqu'il est associé. La concurrence avec le couvert provoque une production de biomasse aérienne moins élevée dans ce cas. Ceci est assez visible au niveau des résultats. Dans seulement 3 cas, la biomasse du colza (en bleu) dépasse le témoin. On remarque d'ailleurs que dans ces 3 cas, la biomasse du couvert est assez faible, celui-ci n'a probablement

pas ou peu dérangé le développement du colza. Ceci confirme en partie ce que nous avons pu voir dans la partie théorique qui disait :« au lieu de produire de la biomasse aérienne, le colza associé produirait plus de biomasse racinaire ». Il aurait pu être très intéressant de mesurer la biomasse racinaire des colzas pour confirmer ces dires.

Au niveau de la biomasse totale (biomasse colza + couvert), on constate qu'elle est supérieure au témoin dans 12 cas sur 15. On remarque que les couverts ayant une biomasse importante de légumineuses par rapport au témoin se retrouvent sur la gauche du graphique. Une biomasse de couvert important permettrait donc d'augmenter considérablement la biomasse totale même si la biomasse du colza est diminuée.

Le dernier mélange Vesce José, Pois Andréa et Féverole d'hiver se situait à Antheit sur une terre cultivée en agriculture biologique et semée le 22 septembre. La faible biomasse peut être expliquée par plusieurs hypothèses, la première étant le semis tardif qui a laissé moins de temps aux légumineuses pour se développer. Cette date de semis tardif était intentionnelle puisque le but de l'essai était de récolter la féverole, le pois et la vesce avec le colza. Une implantation hâtive aurait eu pour conséquences des légumineuses trop développées qui n'auraient peut-être pas survécu aux gelées. De plus, aucun désherbage n'a été réalisé, ce qui a eu pour conséquence une émergence importante d'adventices, la biomasse de ces dernières était plus élevée que la biomasse des légumineuses. Elles ont peut-être pris le dessus du colza et des légumineuses.

Le mélange lentille, féverole de printemps était un mélange commercial semé à Marchin. Des problèmes lors du semis et une densité trop faible a provoqué une population peu élevée de légumineuses ce qui a sûrement provoqué la faible biomasse présente.

Biomasse des couverts et désherbages

Nous avons vu que le désherbage pouvait avoir un impact plus ou moins intense sur la biomasse des couverts. Dans le graphique ci-dessous, nous trouvons la comparaison de la biomasse sèche des couverts en entrée d'hiver, dans les essais en bande, suivant le désherbage.

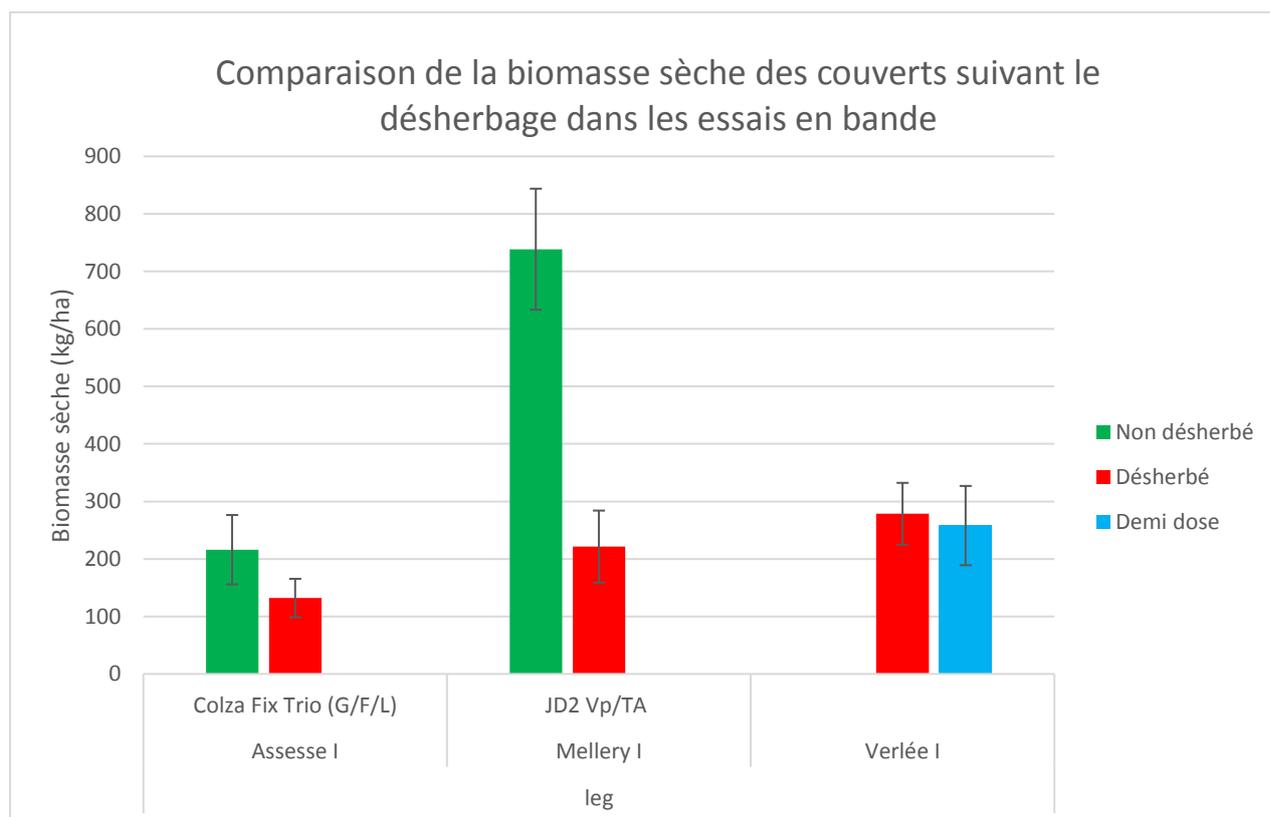


Figure 51: Graphique comparant la biomasse sèche des couverts selon le désherbage dans les essais en bande

Aucune analyse statistique n'a été faite pour ces essais. On peut tout de même remarquer que dans les deux premiers cas, la biomasse des couverts lorsqu'il n'y a pas eu de désherbage (vert) est nettement supérieur au couvert ayant reçu un désherbage. Le désherbage a visiblement eu un impact sur le développement des légumineuses. Dans le 3^{ème} cas, la biomasse sèche est relativement semblable entre le désherbé dose pleine et demi dose, peu d'impacts ont donc été constatés.

Le graphique ci-dessous représente la biomasse sèche des plantes compagnes en entrée d'hiver pour l'essai scientifique. Deux variables sont représentées sur le graphique : nous pouvons comparer les biomasses suivant la modalité ainsi que la biomasse suivant le désherbage.

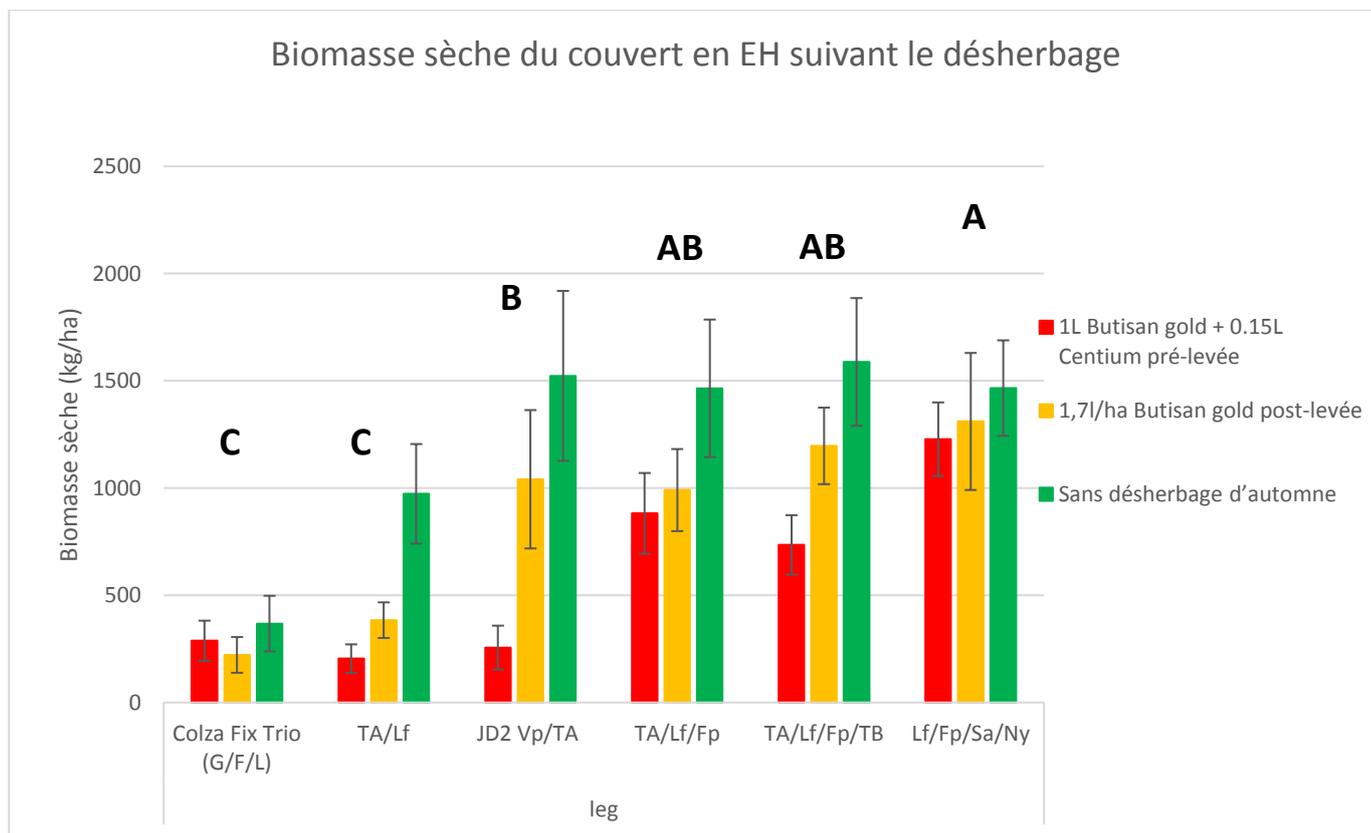


Figure 52: Graphique de la biomasse sèche des couverts en EH dans l'essai de Corbais

Une analyse de la variance ($\alpha=0,05$) a montré des différences statistiques entre les résultats de biomasse des modalités. Grâce au test de Newman-Keuls, nous pouvons former plusieurs groupes grâce à l'analyse des moyennes.

Trois groupes ont pu être distingués entre les modalités. Le groupe A se compose de la modalité Féverole, lentille, sarrasin et Niger, c'est celui qui a la biomasse la plus élevée, sa moyenne est de 1334,7 kg/ha. Le groupe B comprend le mélange commercial JD2 ayant une moyenne de 940 kg/ha et le groupe AB se compose des modalités TA, lentille et féverole ainsi que TA, lentille, féverole et TB ayant respectivement une moyenne de 1112,5 et 1173,2 kg/ha. Le groupe C reprend les modalités colza fix-trio et TA, lentille qui ont les biomasses les moins élevées, 292,7 et 520,5 kg/ha de moyenne.

Des différences importantes ont également été observées entre les désherbages.

Une analyse de la variance ($\alpha= 0,05$) a montré des différences statistiques entre les désherbages. Grâce au test de Newman-Keuls, nous pouvons former trois groupes grâce à l'analyse des moyennes. Chaque désherbage représentant un groupe.

Les moyennes des biomasses pour le non désherbé atteint 1230,5 kg/ha alors que le désherbage post-levée atteint 857,4 kg/ha et le pré-levée 598,8 kg/ha. Cela confirme que plus on vient tôt avec le désherbage, plus les légumineuses sont affectées.

Conclusion des essais biomasse :

Nous pouvons conclure des résultats sur la biomasse qu'on obtiendrait une biomasse de colza moins élevée que le témoin en associé mais que l'ajout de la biomasse des plantes compagnes permet d'obtenir une biomasse totale supérieur à un colza en culture pure. Nous avons aussi pu constater que la biomasse de chaque couvert était dépendant des espèces présentes dans le mélange, de l'année mais aussi de la présence du désherbage et son stade d'application.

c. Adventices

Nombre d'adventices et biomasse

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique (cf h. Gestion des adventices), la biomasse joue un rôle conséquent sur les adventices, ainsi plus la biomasse est élevée, moins il y aurait d'adventices. Le graphique suivant met en lien la biomasse sèche totale de la modalité avec le nombre d'adventices présentes. Chaque point représente la moyenne du nombre d'adventices de la modalité en fonction de la moyenne de biomasse pour la modalité en question, en entrée d'hiver. Ce graphique reprend les données recueillies dans tous les essais où les comptages ont été effectués, c'est-à-dire, dans l'essai scientifique, Verlée, Clavier, Mellery et Assesse.

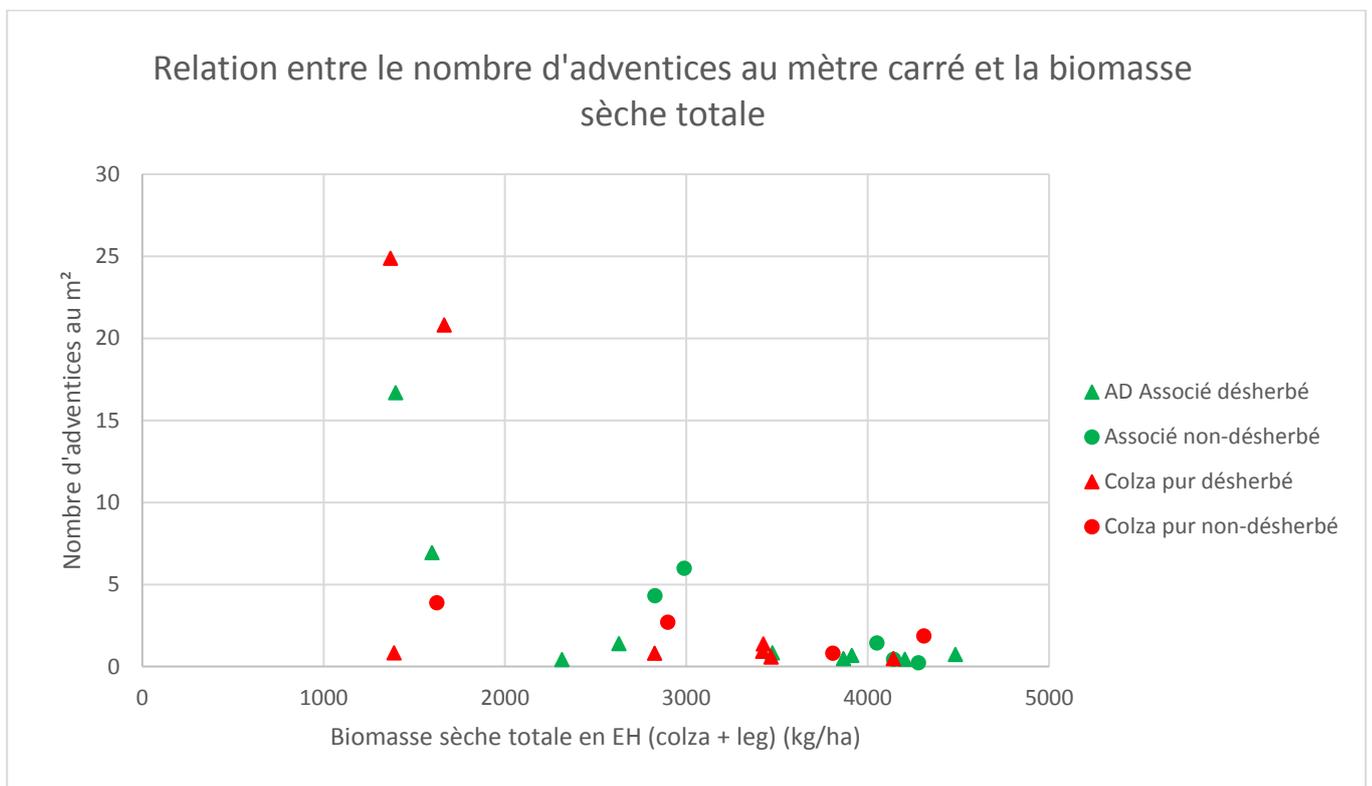


Figure 53: Graphique du nombre d'adventices suivant la biomasse totale en EH

Aucune analyse statistique n'a été réalisée pour ces résultats. On remarque de manière générale que plus la biomasse augmente, moins le nombre d'adventices par mètre carré est élevé. Gilles Sauzet nous indiquait qu'il faut une biomasse fraîche de 1,5 kg/m². Cependant, la biomasse fraîche n'est pas toujours juste puisqu'il peut avoir plu le jour de prélèvement, ajoutant la masse d'eau inutile. C'est pourquoi les graphiques sont, pour la plupart, exprimés en matière sèche.

Avec un pourcentage moyen de matière sèche de 12,5%, 15000 kg/ha de MF reviendrait à 1875 kg/ha de MS. Ainsi, lorsque la masse de matière sèche dépasse le 1875 kg/ha, la quantité d'adventices diminue alors qu'en dessous, nombre varie énormément. Au-dessus de 3000 kg de MS totale, on remarque que le désherbage n'a pas eu plus d'effet que le couvert puisqu'il n'y a pas de différence entre les modalités désherbées et non-désherbées. Ce constat peut être utile pour les agriculteurs exploitant des terres en agriculture biologique puisqu'une biomasse importante pourrait remplacer un désherbage.

De plus, il est intéressant de remarquer que toutes les parcelles non désherbées ont moins de 6 adventices par mètre carré alors qu'en désherbé, le nombre est plus variable.

La biomasse a donc bien un effet sur la présence d'adventices.

Nombres d'adventices et modalités

Le graphique suivant montre le nombre d'adventices qui ont été comptés en fin d'hiver dans l'essai de scientifique pour les modalités L/Fp/Sa/Ny, TA/L/Fp et les deux témoins. Les autres modalités n'ont pas été faite par faute de temps.

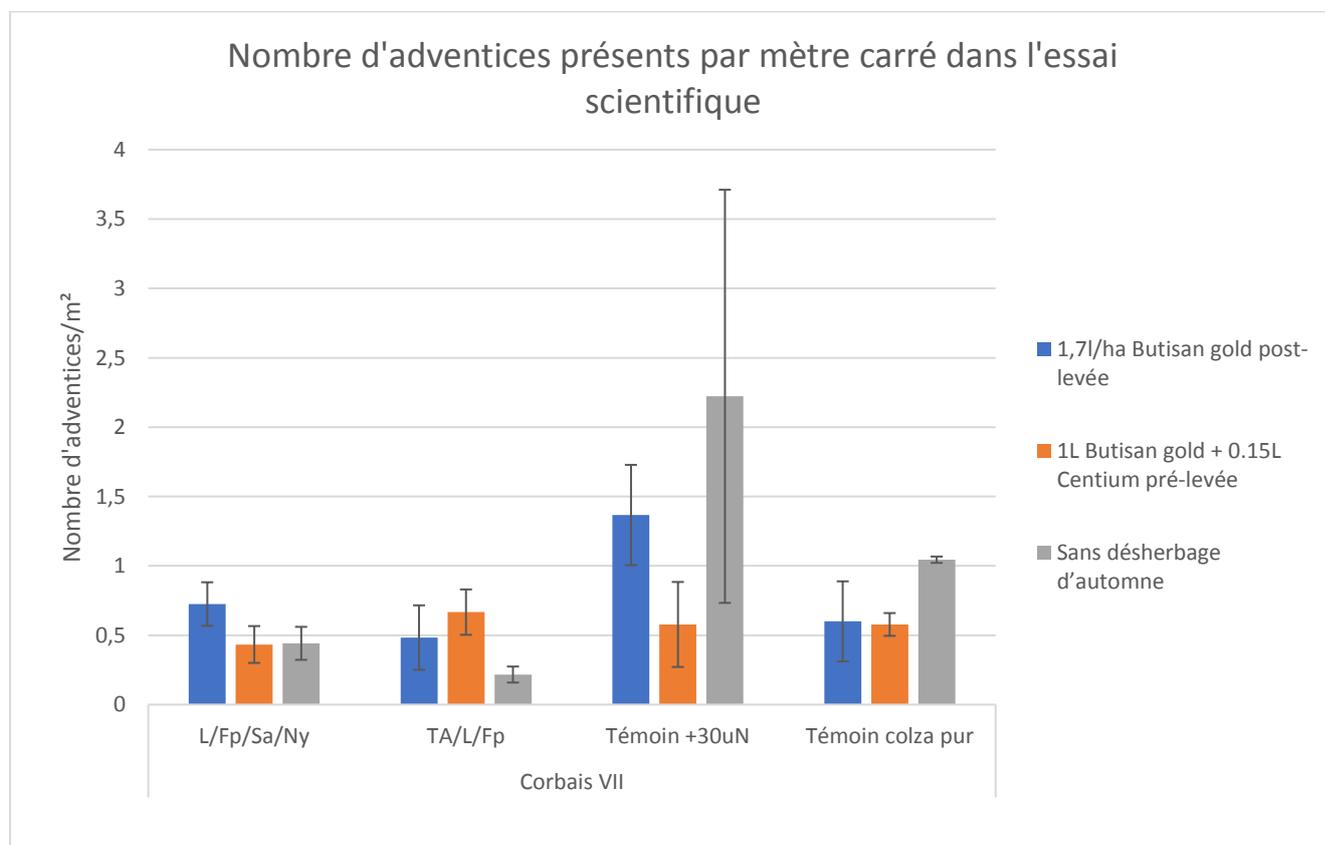


Figure 54: Graphique du nombre d'adventices présents par mètre carré dans l'essai scientifique

Aucune analyse statistique n'a été réalisée dans cet essai. À ce stade, les deux témoins ont une seule différence, le témoin colza pur a été semé avec des adventices (matricaires, chénopodes, gaillet) alors que le témoin +30uN a été semé pur. On remarque que le témoin +30uN présente plus d'adventices que le témoin avec semis d'adventices dans les modalités non désherbées et désherbage de post-levée.

Lorsqu'on compare les témoins avec les autres modalités associées, on remarque que le nombre d'adventices est de manière générale moins élevé dans les modalités associées.

De plus, les témoins non-désherbés présentent un nombre plus élevé d'adventices que dans les autres désherbages, contrairement aux colzas associés car il n'y avait pas de couvert pour contrer les adventices. Dans ce cas, il semblerait que les légumineuses soient plus efficaces que les herbicides pour concurrencer les adventices.

Dans trois modalités sur quatre, on remarque que le désherbage de pré-levée est plus efficace que les deux autres.

d. Semis de CDI en fin d'hiver

Les résultats ont été ici obtenus grâce aux observations réalisées, aucune donnée chiffrée n'a été récoltée.

Une visite du champ a été faite le 17 avril 2018 pour observer le développement des légumineuses. Diverses choses ont été observées :

- Aucun trèfle ni lotier n'ont été aperçus dans les modalités à 11 et à 17 kg/ha.
- Du trèfle a été observé à certains endroits de l'essai dans la modalité à 5,5 kg/ha (voir Figure 55).

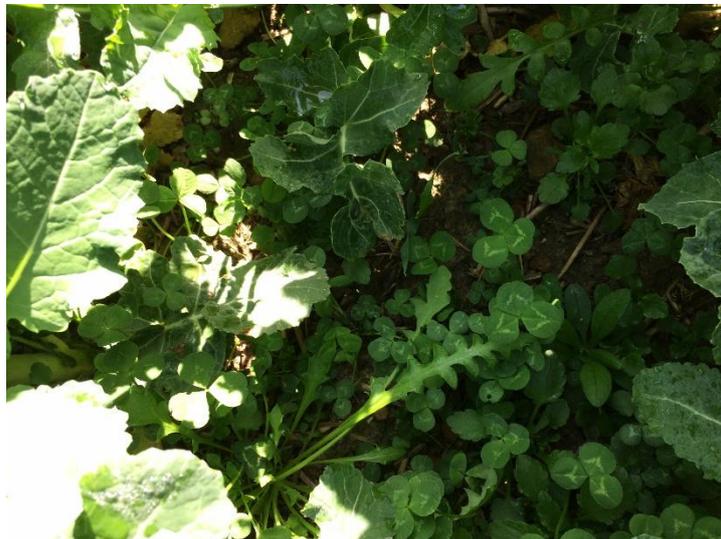


Figure 55: TB et adventices sous le colza

Différentes hypothèses peuvent être émises.

Tout d'abord, la météo. En effet, les températures ont été relativement fraîches durant le mois de mars à Bois de Villers, avec une température moyenne de 4,4°C (IRM, 2018). Les précipitations ont, elles, été semblables aux normales saisonnières. Le froid a pu empêcher la germination des graines et provoquer leur pourriture. Le trèfle a en effet besoin de températures élevées pour se développer. Il se pourrait également que la levée ait été stoppée par le froid.

De plus, énormément d'adventices étaient présentes et assez bien développées, dans toutes les modalités mais en moins grand nombre dans la modalité où le trèfle s'est développé. Un lien entre adventices et levée des légumineuses peut donc être émis. Les adventices les ont peut-être étouffés et elles ont fini par disparaître. Ces adventices ont peut-être accentué le froid en l'emprisonnant en surface.

Après, des résidus d'herbicides étaient peut-être encore présents, influençant négativement leur développement.

Finalement, le contact sol-graine n'était peut-être pas suffisant pour la germination

Ainsi, différentes solutions pourraient être trouvées afin d'améliorer la technique. Tout d'abord, il serait peut-être plus approprié de retarder un peu le semis afin d'obtenir une somme de température plus élevée et permettre ainsi un meilleur taux de germination. Après il peut également être intéressant d'attendre afin que les adventices aient eu le temps de se développer. Le but étant par la suite de passer entre les rangs de colzas (possible que si le colza a été semé avec un monograin) avec une herse étrille afin de les détruire et pourquoi pas monter un semoir centrifuge dessus. Ce procédé pourrait permettre un meilleur contact graine-sol et probablement permettre un meilleur peuplement de légumineuses.

e. Ravageurs

Le graphique suivant nous montre le nombre de larves d'altise présentes par pied de colza. Les échantillons ont été pris dans les essais en bande de Corbais, Antheit, Clavier, Gerpinnes et Terwagne et non dans l'essai scientifique, les parcelles étant jugées trop petites. On peut comparer les associés en vert avec le témoin en rouge.

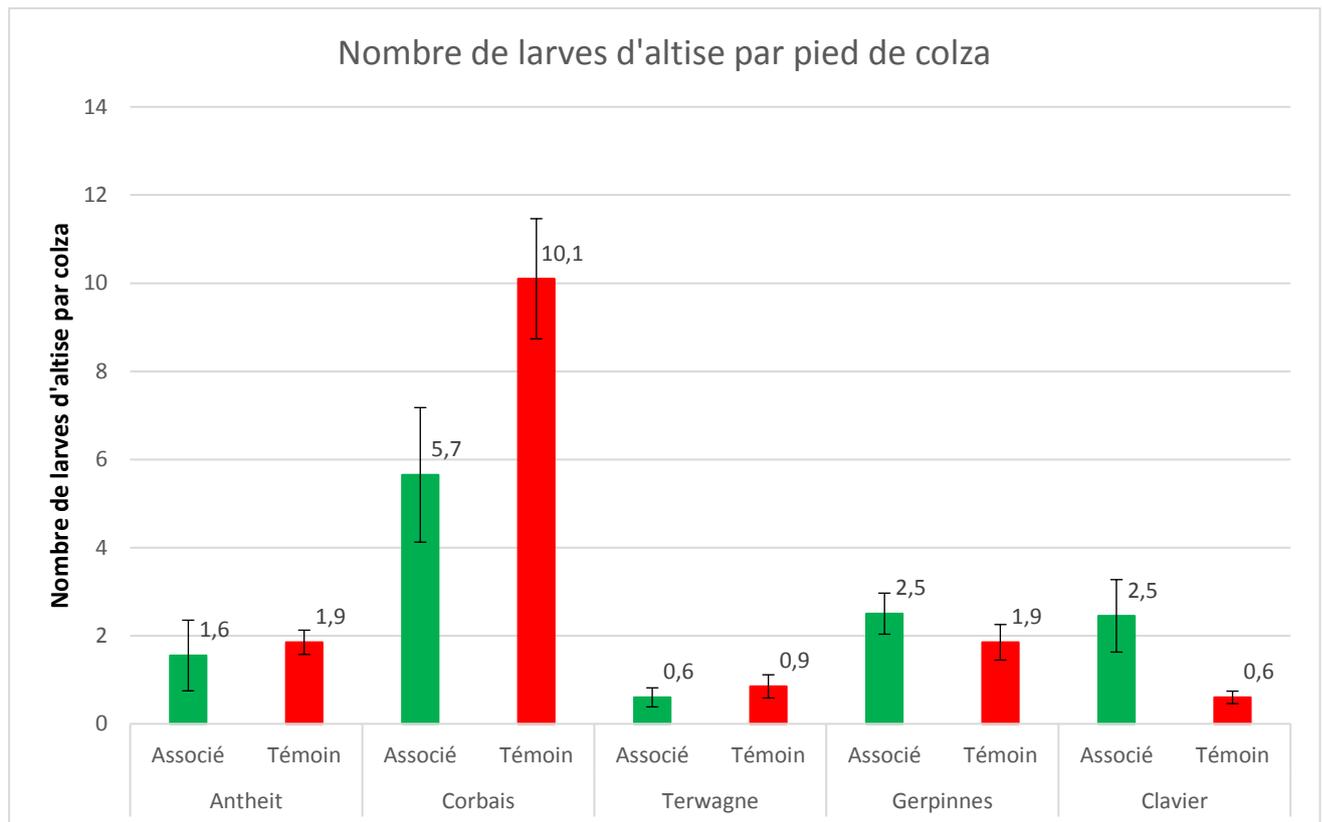


Figure 56: Graphique reprenant le nombre de larves d'altise par pied de colza

Aucun traitement statistique n'a été réalisé sur ces essais. Dans 3 cas sur 5, le nombre d'altises de l'associé est plus faible que le témoin alors que dans les 2 autres cas, l'associé comprend un nombre supérieur. Nous ne pouvons rien mettre en évidence avec les données recueillies. Une question peut se poser quant aux résultats recueillis. Les bandes étaient-elles assez larges ? En effet, les bandes mesurent généralement 12 mètres de large, ce qui n'est peut-être pas suffisant pour perturber les insectes au niveau de la vision et de l'odorat.

f. Biomasse floraison

Le graphique ci-dessous reprend la biomasse sèche du colza au stade fin floraison, dans les essais en bande de Clavier, Corbais, Gerpennes, Mellery, Terwagne et dans l'essai scientifique de Corbais.

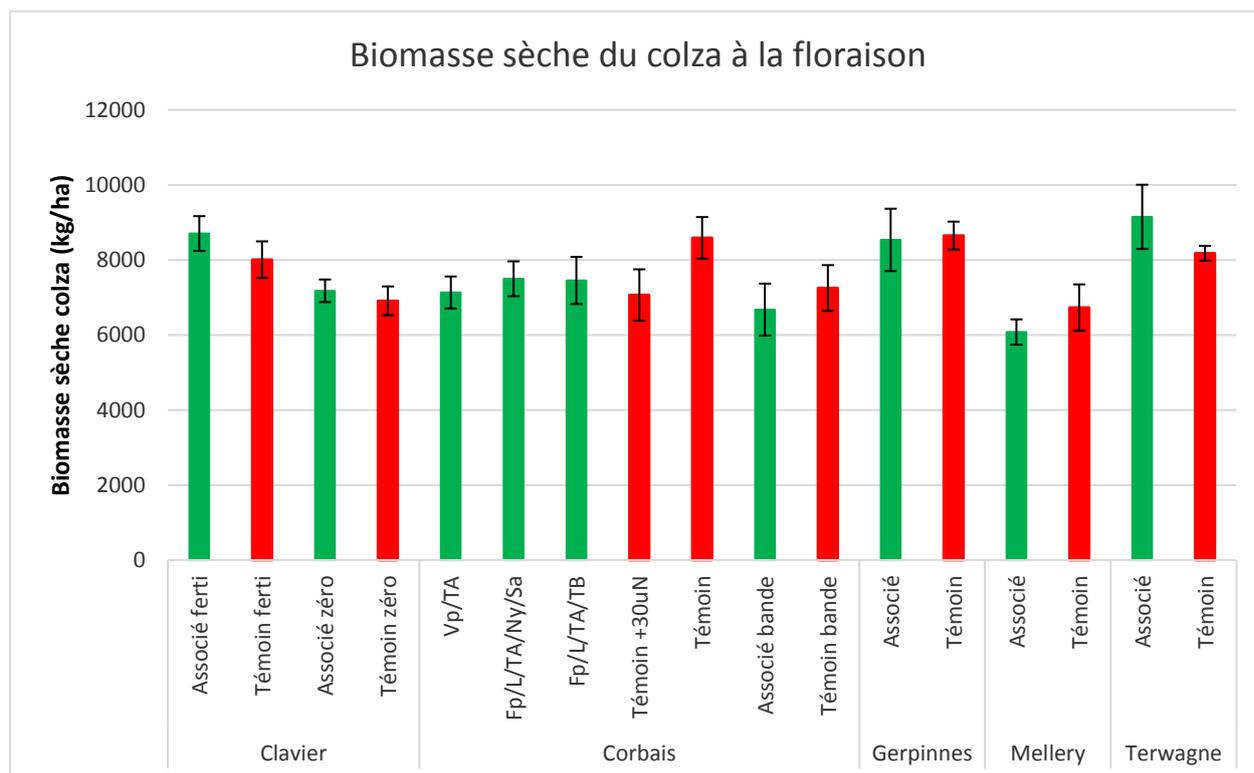


Figure 57: Graphique de la biomasse sèche des colzas à la floraison

Après une analyse de la variance ($\alpha=0,05$), aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

Pour l'essai de Clavier, on peut observer que les associés (vert) ont une biomasse plus élevée que leur témoin respectif (rouge). On peut observer le même résultat pour l'essai de Terwagne. En ce qui concerne Mellery, Gerpennes et les bandes de Corbais, les résultats montrent le contraire, c'est-à-dire que l'associé a produit une biomasse moins élevée que le témoin. Les colzas associés de l'essai à répétition de Corbais affichent des biomasses situées entre le témoin et le témoin +30uN.

On peut voir que le témoin de Corbais a une biomasse plus importante que le témoin +30uN, ce qui est assez étrange.

On peut difficilement faire de lien entre la biomasse à la floraison et l'association.

On peut tout de même remarquer que toutes les modalités se situent au-dessus de 6000 kg/ha de MS. Nous avons vu précédemment que l'optimum se situait à 6000 kg, signifiant qu'il a absorbé 185 uN. Il y a, dans chaque modalité, une consommation de luxe d'azote puisqu'ils ont une biomasse supérieure

Il est également intéressant de remarquer que la plupart des colzas associés qui affichaient une biomasse inférieure en début d'hiver ont rattrapé leur retard.

g. Azote

Les résultats des analyses d'azote du sol réalisées le 18 avril dans l'essai à Clavier ont généré le graphique ci-dessous.

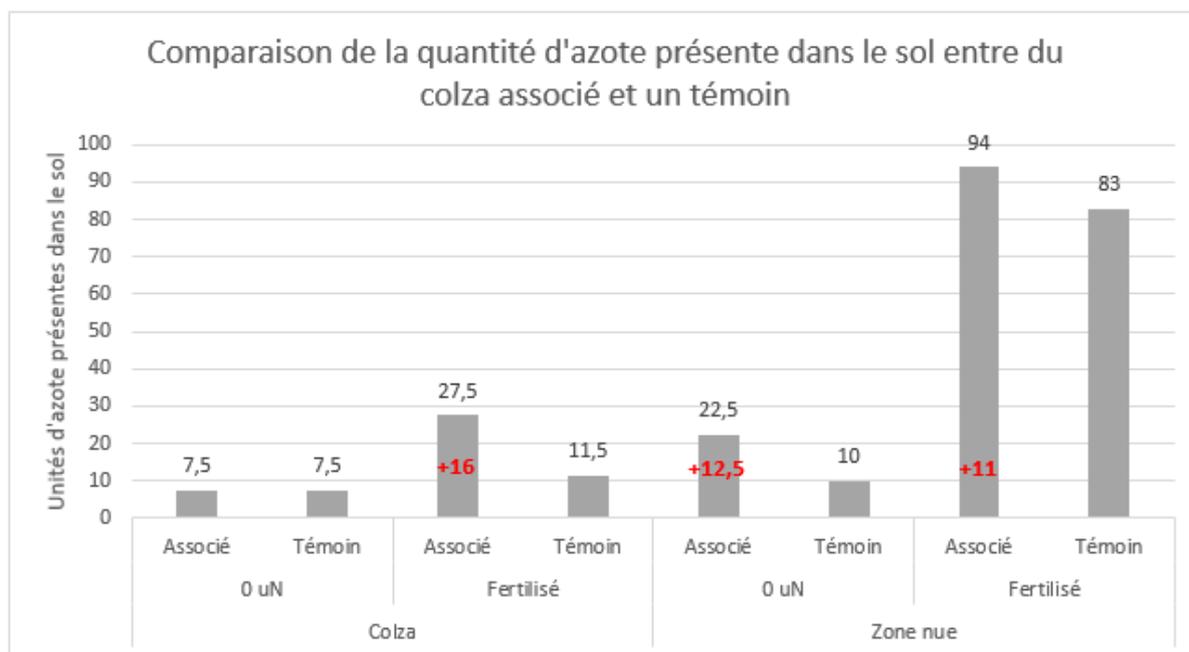


Figure 58: Ecart de la quantité d'azote de l'associé au témoin

Aucune analyse scientifique n'a été effectuée sur l'essai. La partie gauche représente les échantillons pris dans le colza alors que la partie droite a été prise dans les zones nues.

Les 2 premières barres nous indiquent la partie non fertilisée, on remarque qu'il n'y a pas de différence entre l'associé et le témoin. L'explication la plus probable serait que le colza ait puisé tout l'azote disponible dans le sol puisqu'il est en manque d'azote, c'est pourquoi aucune différence n'est visible. Le 7,5uN restant seraient l'azote non disponible par la culture.

La deuxième partie représente le colza fertilisé. On remarque que la quantité d'azote disponible pour le colza est plus élevée de 16 unités dans l'associé que dans le témoin. Dans ce cas, le colza n'a pas encore prélevé la quantité totale d'azote apportée, la quantité supplémentaire viendrait donc des légumineuses.

La troisième partie représente la partie non-fertilisée et sans colza, cependant des repousses de colza étaient présentes lors de la prise d'échantillon. Ces repousses peuvent fausser les résultats en diminuant la quantité d'azote présente. En effet, elles ont probablement absorbé une partie de l'azote présente même si on remarque qu'il y a 13 unités en plus dans l'associé.

La dernière partie représente la zone nue fertilisée. Des repousses étaient également présentes. La quantité d'azote supplémentaire est de 11 unités dans l'associé.

En conclusion, la quantité d'azote disponible par le colza est toujours supérieure dans l'associé d'une dizaine d'unités. Il aurait pu être utile de réaliser d'autres analyses à différents intervalles de temps car il se peut que les légumineuses n'aient pas relargué la quantité totale d'azote qu'elles contenaient. En effet, des cannes de féveroles étaient encore visibles lors de l'échantillonnage ainsi que lors de la moisson du colza. Ce qui laisse penser que la quantité pourrait être plus élevée que ce que montre ce graphique.

h. Rendement

Rendement des essais en bande

Les rendements ont été uniformisés et ainsi remis à 9% d'humidité afin de ne pas avoir de différences de rendements dues à l'humidité du grain.

Le tableau ci-dessous (Tableau 4) reprend tous les rendements des essais en bande remis à 9% en comparant le témoin et l'associé ainsi que la différence de rendement.

Tableau 4: Comparaison des rendements dans les essais en bande

		Témoin colza seul	Colza associé	≠ Rendement (kg/ha)
		<u>Rendement (kg/ha)</u>	<u>Rendement (kg/ha)</u>	Gain ou perte
Antheit (essai bio)	Double récolte	<u>3715</u>	<u>3706</u>	-9
	CDI		<u>3763</u>	+48
Assesse	Associé désherbé	<u>4593</u>	<u>4514</u>	-79
	Associé ND		<u>4812</u>	+219
Clavier	Associé ferti D	<u>5376</u>	<u>5257</u>	-119
	Associé ferti ND	<u>5328</u>	<u>5232</u>	-96
	Associé non-ferti D	<u>4753</u>	<u>4973</u>	+220
	Associé non-ferti ND	<u>4978</u>	<u>4670</u>	-308
Corbais	Associé	<u>4373</u>	<u>4647</u>	+274
Gerpennes	Associé	<u>3844</u>	<u>3731</u>	-113
Marchin	Associé	<u>3612</u>	<u>3363</u>	-249
Mellery	Associé désherbé	<u>4389</u>	<u>4518</u>	+129
	Associé non désherbé		<u>4332</u>	-57

Merbes- Le- Château	Associé	<u>4260</u>	<u>4905</u>	+645
	Associé - 27 uN		<u>4190</u>	-70
Terwagne	Associé	<u>5007</u>	<u>5188</u>	+ 181
Verlée	Mélange zéro phyto	<u>3696</u>	<u>3949</u>	+253
	Colza fix-trio (GFL)	<u>3997</u>	<u>4314</u>	+317
	Fp/L/TA/TB	<u>3997</u>	<u>4399</u>	+402
	Fp/L/TA/Nig/V/G	<u>3997</u>	<u>4620</u>	+623
	JD 2 (V/TA)	<u>3997</u>	<u>4646</u>	+649
	Fp/L/TA	<u>3997</u>	<u>4738</u>	+741
	Fp/L/TA demi dose	<u>4584</u>	<u>4692</u>	+108

Remarque : la parcelle d'Herquegies n'est pas inscrite car des problèmes avec la moissonneuse-batteuse ont eu lieu, les résultats ne peuvent donc pas être pris en compte.

Le premier essai d'Antheit comportait une modalité avec objectif de récolte des légumineuses avec le colza et une deuxième comportant un CDI. Ces couverts n'ont normalement pas d'impact sur le colza et les résultats montrent des différences peu importantes entre les modalités associées et témoin. On pouvait remarquer à la récolte que la double récolte contenait une part élevée de pois qui avait réussi à passer l'hiver. Il aurait pu être utile de connaître le pourcentage de pois afin de connaître le rendement de chaque espèce.

L'essai de Clavier a montré des rendements records. En effet, ils dépassent les 5 tonnes pour les fertilisés. Il est aussi très étonnant d'obtenir des rendements approchant les 5 tonnes pour les colzas n'ayant reçu aucune dose d'azote. Une hypothèse est la précocité de leur période de floraison. La partie non fertilisée a commencé à fleurir 2 semaines environ avant le fertilisé, ils ont devancé ainsi les attaques de méligèthes qui arrivaient seulement lorsqu'ils fleurissaient. L'association ne semble pas avoir amélioré le rendement dans 3 cas sur 4.

L'essai de Marchin présentait un mélange constitué de lentille et de féverole qui, comme dit ci-avant, a eu des problèmes lors du semis et qui a été semé en sous-densité. Le rendement reflète les conditions de semis puisque le témoin donne à peine 3,6 tonnes et l'associé donne presque 250 kg/ha de moins.

L'essai de Mellery présentait une modalité désherbée et une non-désherbée. La parcelle présentait une quantité importante d'adventices. Le désherbage a peut-être freiné les légumineuses mais a surtout empêché la levée des adventices alors que dans la partie non désherbée, la biomasse importante de légumineuses n'a pas pu contrôler les adventices qui ont probablement concurrencé le colza.

En ce qui concerne Merbes-Le-Château, le rendement est nettement amélioré avec l'association tandis que la partie avec diminution de fertilisation a donné relativement la même chose que le témoin.

Les colzas associés de Corbais, Terwagne et Verlée ont tous donné des rendements supérieurs au témoin

Rendement de l'essai scientifique de Corbais

Comme dit précédemment, chaque modalité a été récoltée avec la moissonneuse expérimentale appartenant à Redebel.

Les résultats des différentes modalités en fonction de leur désherbage est représenté dans le graphique ci-dessous.

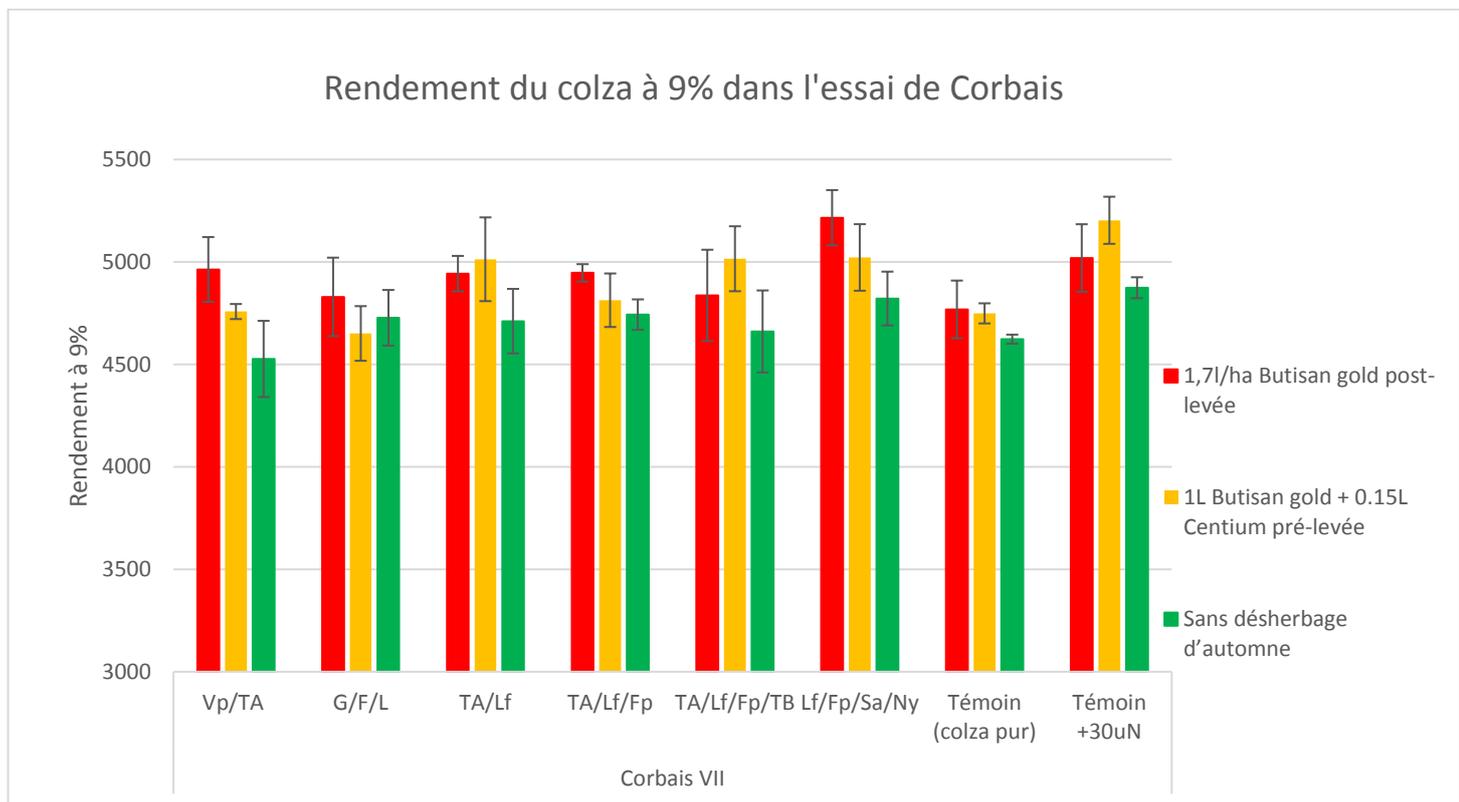


Figure 59: Graphique du rendement des modalités suivant le désherbage dans l'essai de Corbais

Malgré des problèmes de floraison dans plusieurs champs à proximité, l'essai a peu, voir pas souffert de ces problèmes. Le nombre de siliques était assez important et les rendements le confirmer.

Après une analyse de la variance ($\alpha=0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats des couverts. Cependant, nous pouvons observer différentes

choses entre les deux témoins. Le témoin avec 30 unités d'azote supplémentaire produit un rendement nettement supérieur au témoin n'ayant pas reçu ces unités supplémentaires, ce qui n'est pas surprenant.

La comparaison entre les rendements des associés par rapport aux témoins montre que tous les associés montrent un rendement supérieur au témoin fertilisé de manière équivalente. On observe néanmoins des rendements inférieurs au colza fertilisé avec 30 unités d'azote supplémentaires excepté pour la modalité Lentille/Féverole/Sarrasin/Niger désherbé en post-levée qui produit un rendement supérieur de 200 kg à son homologue.

Cette dernière modalité associée est la meilleure des associées puisqu'elle produit 5,020 T en moyenne. Les deux moins bonnes associations sont les deux modalités cultivées avec les mélanges commerciaux JD2 et Colza-Fix-Trio il produisent en effet respectivement 4,750 et 4,735 T/ha.

Après une analyse de la variance ($\alpha=0,05$), des différences statistiques ont pu être mise en évidence entre les désherbages. Grâce au test de Newman-Keuls, nous pouvons former plusieurs groupes grâce à l'analyse des moyennes. Le groupe A se compose des deux désherbages de pré et post-levée. Le groupe B contient la modalité sans désherbage, la moyenne de cette modalité est la plus faible.

Comment expliquer le rendement inférieur des modalités sans désherbage ? Les colzas n'ont pas eu à digérer les substances actives donc ils auraient du produire un rendement plus élevé, cependant ce n'était pas le cas. Les adventices pourraient être en cause. La Figure 54 comprenant le graphique des adventices peut expliquer en partie cette observation. Tout d'abord les comptages ont été réalisés en fin d'hiver, certaines adventices avaient donc déjà surement disparu. Il se peut qu'un nombre plus important de plantes indésirables étaient présentes durant l'automne et qu'elles aient concurrencé le colza même si cette observation n'a pas été faite durant le suivi de la culture. Il aurait été plus utile de réaliser les comptages avant l'hiver pour observer toutes les adventices présentes. De plus, on avait pu constater que les témoins comprenaient une quantité plus importante d'adventices, ce qui a pu concurrencer le colza.

Une autre hypothèse serait le développement du couvert trop important. Comme nous l'avons vu précédemment, la biomasse du couvert sans désherbage était plus élevée que les autres modalités de désherbage. Les légumineuses ont peut-être concurrencé le colza en automne, ce qui aurait eu des répercussions lors de la récolte. Néanmoins, on peut observer que les modalités témoin sans désherbage ont elles aussi un rendement inférieur alors qu'il n'y avait pas de couvert qui aurait pu gêner. C'est peut-être la combinaison des adventices et des couverts qui sont en causes ou bien une autre raison inconnue.

Comparaison des rendements de l'associé et du témoin

Le graphique ci-dessous nous situe le rendement de l'associé (en ordonnée) en fonction de son témoin correspondant (en abscisse). Il reprend les données de tous les essais, en bande et scientifiques. Seules les modalités associées ayant un témoin conduit de façon similaire sont ici représentés.

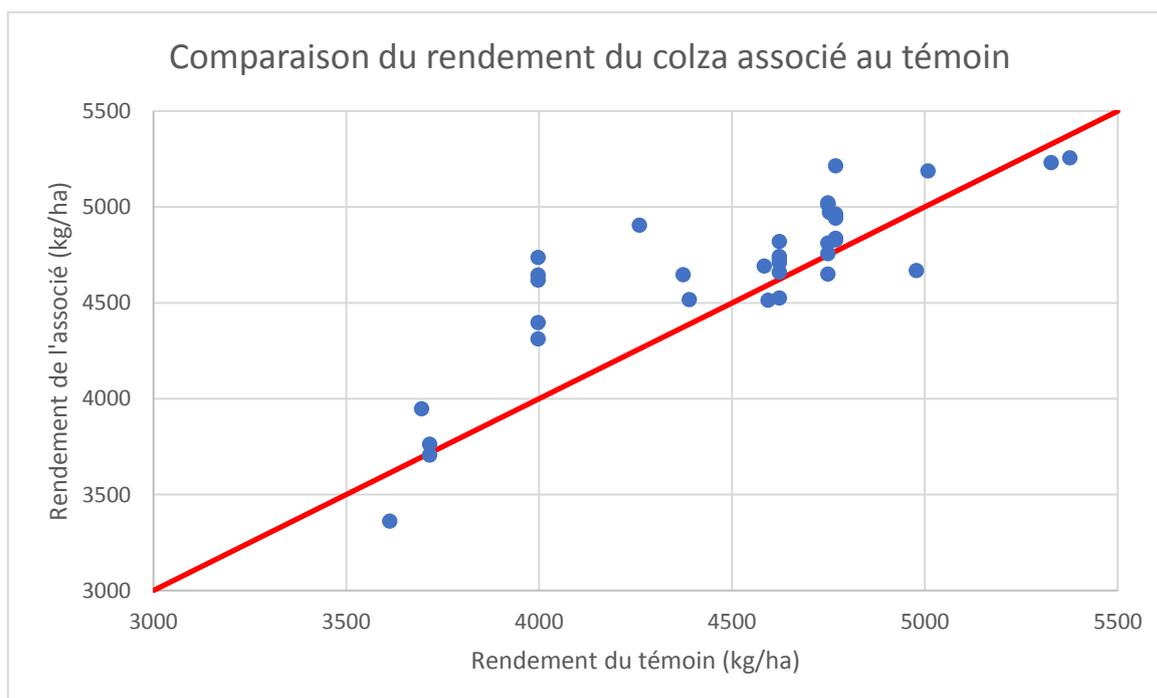


Figure 60: Graphique des rendements des colzas associés en fonction de leur témoin respectif

Aucun traitement statistique n'a été réalisé sur ces données. Sur ce graphique, la droite rouge est une droite passant par l'origine et ayant même abscisse et ordonnée, cela signifie que lorsque le point se situe au-dessus de la droite, le rendement associé est supérieur au témoin alors que lorsqu'il est en dessous, le témoin est supérieur.

On peut remarquer que 30 points sur 41 sont au-dessus de la courbe, c'est-à-dire que 78% des colzas associés ont produit un résultat supérieur à leur témoin. Ceci confirme ce qui a été vu dans la partie théorique

Pourcentage du rendement de l'associé par rapport au témoin

Dans le graphique suivant, nous comparons le rendement de l'associé au témoin, tous les essais en bande et scientifique compris. Le témoin étant représenté à 100% par la droite rouge.

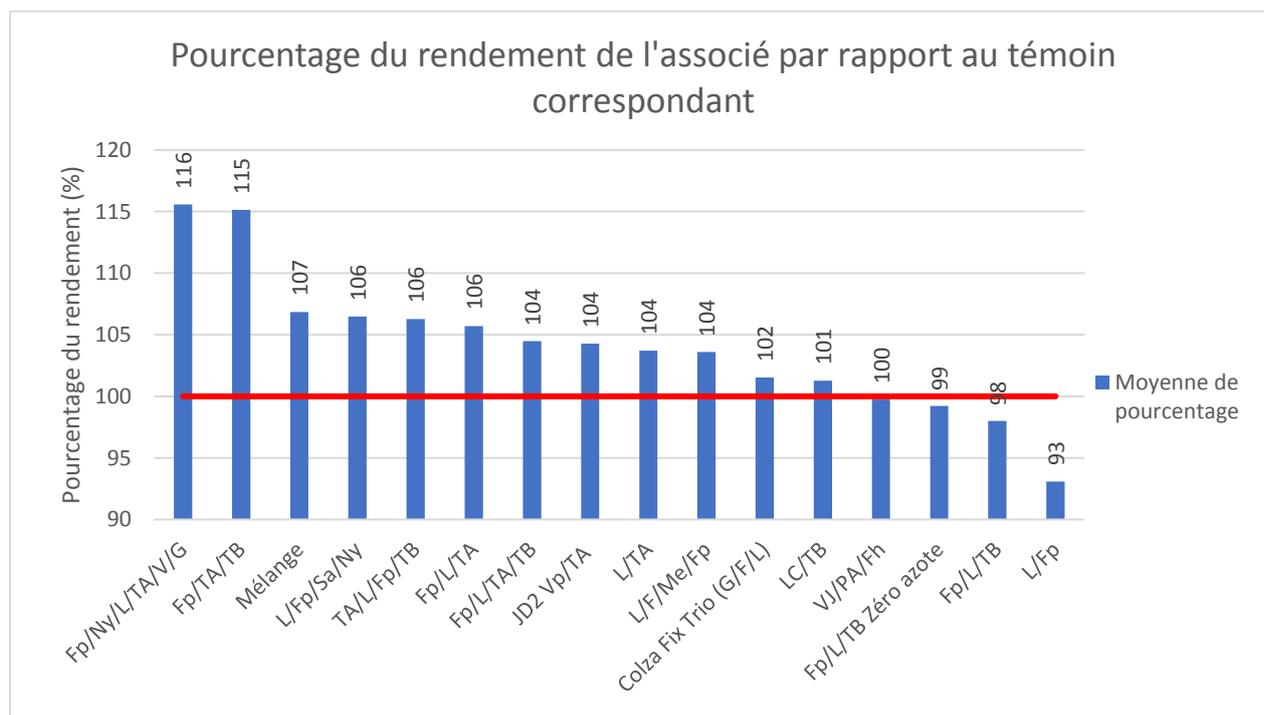


Figure 61: Pourcentage du rendement de l'associé par rapport au témoin

Aucun traitement statistique n'a été réalisé sur ces résultats. On remarque que la plupart des modalités donne un rendement supérieur au témoin. Les meilleures modalités étaient le mélange Fp/Ny/L/TA/V/G implanté à Verlée et le mélange Fp/TA/TB qui atteignent 116 et 115%. Plusieurs couverts ont présenté un rendement inférieur au témoin. Le moins bon est le L/Fp, couvert installé uniquement à Marchin et qui a eu un problème lors du semis. La modalité Fp/L/TB qui a donné un rendement à 98% du témoin a été mise uniquement à Clavier où les rendements associés étaient inférieurs. La modalité Fp/TA/TB -30uN a reçu 30 unités d'azote en moins que le témoin et l'azote des légumineuses n'a pas compensé la diminution de fertilisation. Idem pour le Fp/L/TB Zéro azote où le témoin zéro azote a été meilleur que l'associé.

Les autres modalités se situent entre 101 et 107% du témoin, ce qui n'est pas négligeable.

Rendement du colza et biomasse en entrée d'hiver

Le graphique ci-dessous nous montre le rendement du colza en fonction de la biomasse sèche totale (colza + couvert) en entrée d'hiver pour tous les essais.

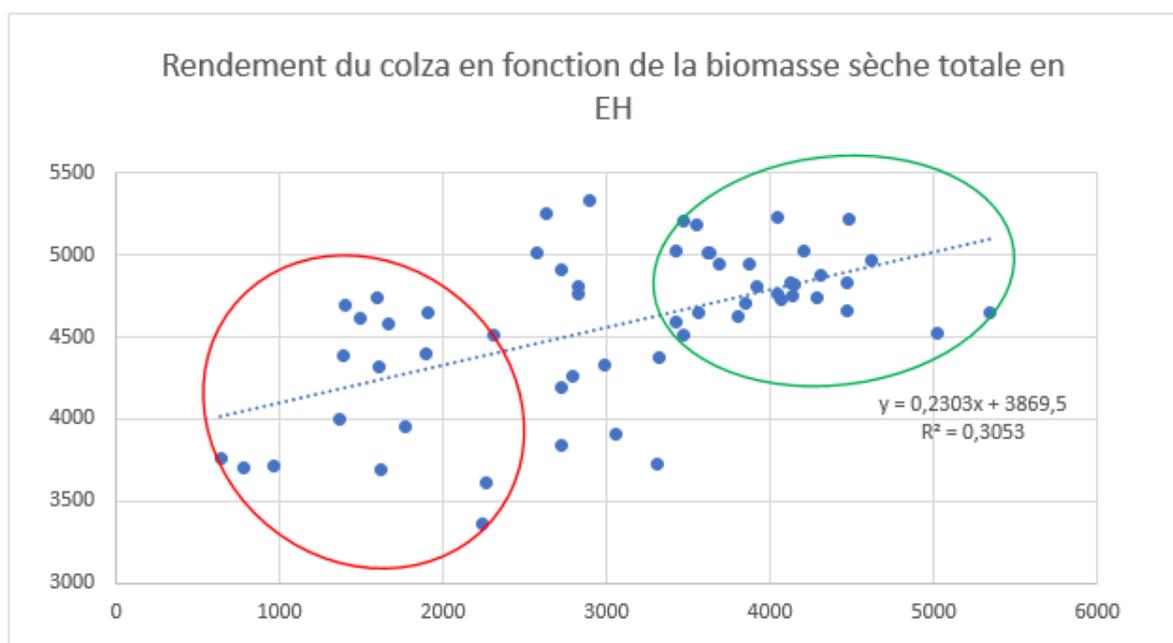


Figure 62: Graphique du rendement en fonction de la biomasse sèche en entrée d'hiver

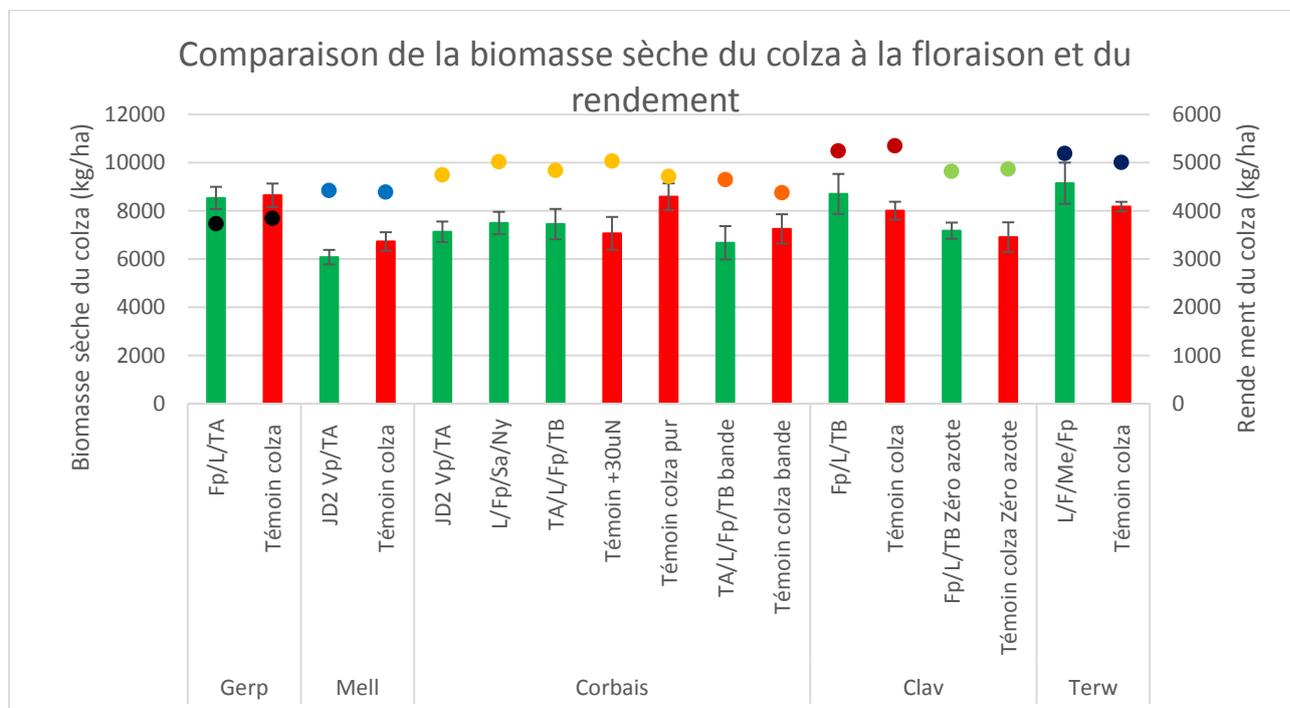
Aucune analyse statistique n'a été réalisée pour ce graphique.

On peut remarquer tout d'abord qu'en dessous de 2500 kg/ha de biomasse sèche (ellipse rouge), le rendement est assez aléatoire allant de 3362 kg à 4738 kg. Dans les biomasses moyennes comprises entre 2500 et 3400 kg/ha environ, les rendements sont aussi aléatoires mais des rendements supérieurs sont observés. On observe des rendements allant de 3731 kg à 5328 kg/ha. Au-dessus de 3400 kg de MS/ha (ellipse verte), il y a moins de variabilité dans les rendements, ils se situent en effet entre 4514 kg et 5231 kg/ha. On pourrait donc en conclure que plus la biomasse est élevée, plus le rendement est stabilisé vers le haut.

La courbe de tendance présente une pente positive, cependant il faut faire attention à son R^2 , celui-ci n'est pas très élevé. Cela s'explique par la volatilité des rendements, c'est-à-dire qu'il y a des rendements très différents pour une même biomasse.

Rendement du colza et biomasse à la floraison

Ce graphique met en comparaison le rendement et la biomasse du colza à la floraison.



Aucun lien entre la biomasse (batônnetts) à la floraison et le rendement (points) n'a l'air de se démarquer. En effet, pour certaines modalités, une biomasse plus élevée à la floraison produit un rendement plus élevé alors que pour d'autre, une biomasse moins élevée produit un rendement plus élevé également.

i. Caractéristiques technologiques du grain

Le graphique ci-dessous nous permet de comparer la teneur en humidité du grain à la récolte dans l'essai à répétition.

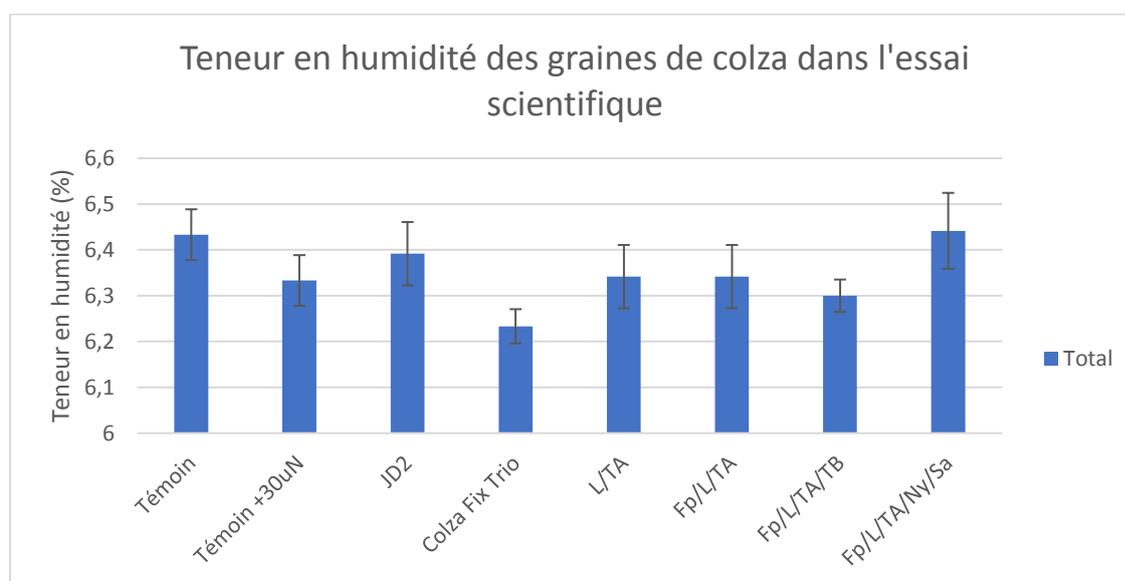


Figure 63: Teneur en humidité des graines de colza dans l'essai scientifique

La météo a été très sèche durant l'été ce qui a permis au colza de sécher très vite. La moisson s'est déroulée le 9 juillet, trois semaines en avance par rapport aux années « normales » puisque la moisson se déroule généralement fin juillet-début août.

La norme de réception du colza est fixée à 9%, la teneur en humidité de cet essai était largement en dessous puisque la moyenne est à 6,35%. Peu de différences sont observées entre les modalités. Elle varie en effet entre 6,23% pour le plus faible à 6,44% pour le plus élevé ce qui est très négligeable.

j. Froment après colza associé

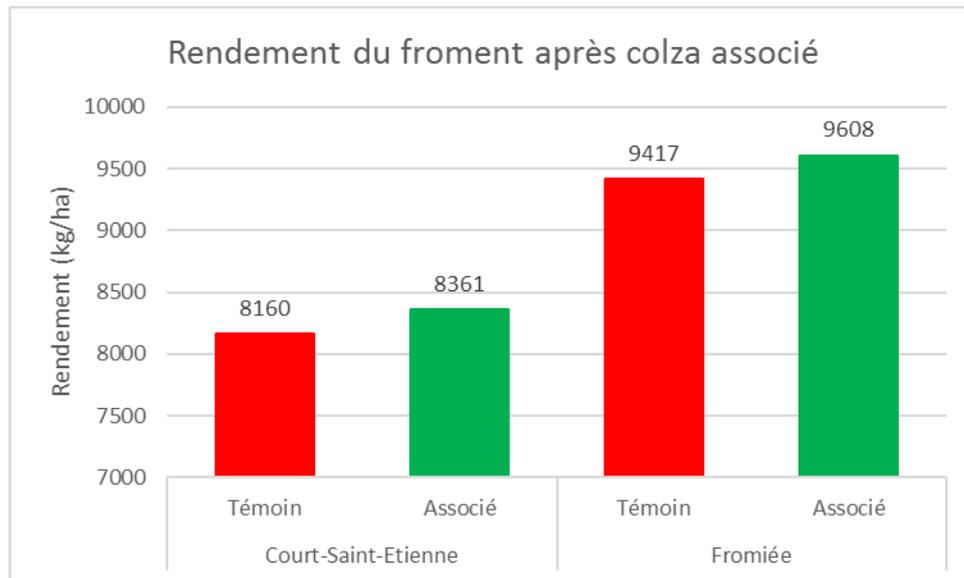


Figure 64: Graphique du rendement du froment après colza associé

Aucun traitement statistique n'a été réalisé sur ces données. Sur ces deux essais, il semblerait que le rendement du froment après colza associé est supérieur à celui après colza pur. On voit une augmentation moyenne de 201 kg/ha pour Court-Saint-Etienne alors qu'une augmentation de 191 kg est observée à Fromiée.

Ces résultats sembleraient confirmer les résultats des essais réalisés les années précédentes par Greenotec et Terre Inovia.

k. Bilan économique

Malgré une augmentation de rendement dans beaucoup de cas, il est important de connaître si un gain économique est également présent. Les différences de marge brute de l'associé par rapport à son témoin ont été faites dans les essais de Merbes-le-Château, Gerpennes, Verlée, Clavier et l'essai scientifique de Corbais. Les résultats sont exprimés par hectare.

Plusieurs paramètres varient lorsqu'on associe son colza. Tout d'abord l'achat des semences du couvert a un coût non négligeable qui varie entre 40 et 60€ généralement. Le coût des semences a été, soit communiqué par l'agriculteur, soit recueilli auprès de la SCAM. De plus, un coût mécanique peut être ajouté si un semis en deux passages est réalisé. Dans les marges brutes suivantes, seul le semis de féverole avec un épandeur à engrais a été réalisés en plus dans certaines modalités, son coût est estimé à 8€ environ (FDSEA80, 2015-2016). Différentes doses de désherbages ou doses d'azote changent également la MB, c'est pourquoi il faut en tenir compte. Le prix des désherbages a été recueilli auprès d'agriculteurs. Le prix de l'azote a été fixé à 0,85€/unité alors que pour le prix de vente du colza, une simulation avec des prix allant de 300 à 375€/tonne a été calculée.

Cette première MB concerne la modalité fertilisée normalement de Merbes-Le-Château.

<i>Merbes-Le-Château</i>	
<i>Semences</i>	-46,3€
<i>Coût du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	+14,25€
<i>Rendement</i>	+645 kg
<i>Bilan</i>	300€/T → +153€
	325€/T → +169€
	350€/T → +185€
	375€/T → +201€

Les résultats sont très positifs puisque l'agricultrice gagnerait entre 153 et 201€ par hectare. C'est principalement le rendement impressionnant de l'associé qui permet cette augmentation de marge.

Le calcul économique suivant représente la modalité avec diminution de 27 uN.

Merbes-Le-Château - 27 uN

<i>Semences</i>	-46,3€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	+14,25€
<i>Diminution d'azote</i>	27 uN → +23,76€
<i>Rendement</i>	-70 kg
<i>Bilan</i>	300€/T → -38€ 325€/T → -40€ 350€/T → -42€ 375€/T → -44€

Malgré avoir dépensé presque 24€ de moins pour l'azote, la perte de rendement de 70 kg n'est pas compensée. Elle perd ainsi entre 38 et 44€.

L'essai suivant concerne l'essai de Gerpennes.

Gerpennes

<i>Semences</i>	-62€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/
<i>Désherbage</i>	+23€
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	-113 kg
<i>Bilan</i>	300€/T → -73€ 325€/T → -76€ 350€/T → -79€ 375€/T → -82€

L'associé a produit un rendement inférieur de 113 kg/ha. Le gain de diminution de désherbage ne compense pas le prix des semences et la perte de rendement. Il perdrait entre 73 et 82€/ha

Les prochaines MB concernent l'essai de Verlée.

*Verlée Fp/L/TA désherbage
pleine dose*

<i>Semences</i>	-58,3€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+741 KG
Bilan	300€/T → +156€ 325€/T → +174€ 350€/T → +193€ 375€/T → +211€

Ce colza associé a produit 740 kg/ha en plus que le témoin. Il gagnerait entre 156 et 211€ suivant le prix du colza.

Verlée Fp/L/TA 1/2 désherbage

<i>Semences</i>	-58,3€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	+28€
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+695 KG
Bilan	300€/T → +184€ 325€/T → +202€ 350€/T → +220€ 375€/T → +239€

En plus d'un désherbage réduit, ce colza a produit 695 kg supplémentaire. Il gagnerait entre 184 et 239€ en plus que le témoin.

Verlée Fp/L/TA/TB

<i>Semences</i>	-74,7€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+401 KG
Bilan	300€/T → +37€ 325€/T → +47€ 350€/T → +57€ 375€/T → +67€

Cette modalité produit 400 kg en plus, ce qui lui ferait gagner entre 37 et 67€ supplémentaires.

Verlée Colza fix-trio (GFL)

<i>Semences</i>	-48,5€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+316 KG
Bilan	300€/T → +46€
	325€/T → +54€
	350€/T → +62€
	375€/T → +70€

La modalité GFL a lui aussi produit 300 kg de plus, ce qui lui fait gagner entre 46 et 70€ en plus.

Verlée JD2 (Vp/TA)

<i>Semences</i>	-42,2€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+648 KG
Bilan	300€/T → +152€
	325€/T → +168€
	350€/T → +185€
	375€/T → +201€

Cette modalité du mélange commercial de Jouffray-Drillaud a produit 648 kg de plus, ce qui fait gagner entre 152 et 201€ en plus à l'agriculteur.

Verlée Fp/L/TA/Ni/V/G

<i>Semences</i>	-51,6€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	+622 KG
Bilan	300€/T → +127€
	325€/T → +142€
	350€/T → +158€
	375€/T → +173€

Cette modalité au mélange complexe a produit 622 kg supplémentaire, ce qui lui a fait gagner entre 127 et 173€ supplémentaires.

Les modalités suivantes viennent de la parcelle située à Clavier. Deux modalités sont ici représentées : la modalité fertilisée et désherbée et la modalité fertilisée mais non-désherbée.

Clavier associé ferti désherbé

<i>Semences</i>	-67,6€
<i>Coût du passage supplémentaire</i>	/
<i>Désherbage</i>	/
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	-118 KG
Bilan	300€/T → -103€
	325€/T → -106€
	350€/T → -109€
	375€/T → -112€

Cette modalité a produit 118 kg de moins que le témoin, ce qui ferait perdre entre 103 et 112€ à l'agriculteur.

Clavier associé ferti non-désherbé

<i>Semences</i>	-67,6€
<i>Coût du passage supplémentaire</i>	/
<i>Désherbage avec passage</i>	Herbicide : 53,4€ Coût mécanique pulvé : 12€
<i>Diminution d'azote</i>	/
<i>Rendement</i>	-144 KG
Bilan	300€/T → -45€
	325€/T → -49€
	350€/T → -53€
	375€/T → -56€

Ici, l'agriculteur a épargné 53,4€ en évitant le désherbage et a donc évité un passage de pulvérisateur coûtant environ 12€. Il a cependant perdu 144 kg de colza, ce qui lui fait perdre entre 45 et 56€/ha.

Les résultats économiques suivants proviennent de l'essai à répétitions de Corbais. Les comparaisons sont réalisées pour tous les couverts et à chaque fois pour les trois désherbages. Le témoin de référence est le témoin fertilisé en post-levée avec 1,7 l de Butisan Gold. C'est un désherbage « classique » utilisé par beaucoup d'agriculteurs ce qui permet de comparer la technique du colza associé avec un itinéraire classique. Le désherbage avec 1,7 l de Butisan Gold en post-levée coûte 59,33€ et le désherbage Centium+Butisan Gold coûte 62,65€.

<i>Corbais Colza-Fix-Trio</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-44€	-44€	-44€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/	/	/
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	-41kg	+61kg	-117kg
<i>Bilan</i>			
	300€/T → +3€	300€/T → -26€	300€/T → -75,8€
	325€/T → +2€	325€/T → -24,2€	325€/T → -78,7€
	350€/T → +0,9€	350€/T → -22,6€	350€/T → -81,8€
	375€/T → -0,1€	375€/T → -21,1€	375€/T → -84,6€

<i>Corbais JD2</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-67,5€	-67,5€	-67,5€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/	/	/
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	-241kg	+195kg	-10kg
<i>Bilan</i>			
	300€/T → -80,5€	300€/T → -9€	300€/T → -73,8€
	325€/T → -86,5€	325€/T → -4,1€	325€/T → -74€
	350€/T → -92,5€	350€/T → +0,8€	350€/T → -74,3€
	375€/T → -98,5€	375€/T → +5,6€	375€/T → -74,6€

<i>Corbais L/Fp/Sa/Ny</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-86€	-86€	-86€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€	-8€	-8€
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	+53kg	+447kg	+253kg
<i>Bilan</i>			
	300€/T → -18,7€	300€/T → +40,1€	300€/T → -21,4€
	325€/T → -17,45€	325€/T → +51,28€	325€/T → -15,1€
	350€/T → -16,12€	350€/T → +62,4€	350€/T → -8,7€
	375€/T → -14,8€	375€/T → +73,6€	375€/T → -2,4€

<i>Corbais TA/L</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-50€	-50€	-50€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	/	/	/
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	-57KG	+175KG	+245KG
Bilan			
	300€/T → -7,8€	300€/T → +2,5€	300€/T → +20,2€
	325€/T → -9,2€	325€/T → +6,9€	325€/T → +26,3€
	350€/T → -10,6€	350€/T → +11,2€	350€/T → +32,4€
	375€/T → -12€	375€/T → +15,6€	375€/T → +38,6€

<i>Corbais TA/L/Fp</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-80€	-80€	-80€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€	-8€	-8€
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	-25KG	+178KG	+45KG
Bilan			
	300€/T → -36,1€	300€/T → -34,6€	300€/T → -77,8€
	325€/T → -36,8€	325€/T → -30,1€	325€/T → -76,7€
	350€/T → -37,4€	350€/T → -25,7€	350€/T → -75,6€
	375€/T → -38€	375€/T → -21,2€	375€/T → -74,4€

<i>Corbais TA/L/Fp/TB</i>	Non désherbé	Post-levée	Pré-levée
<i>Semences</i>	-103€	-103€	-103€
<i>Cout du passage supplémentaire</i>	-8€	-8€	-8€
<i>Désherbage</i>	+59,33	0	-3,32
<i>Diminution d'azote</i>	/	/	/
<i>Rendement</i>	-107KG	+69KG	+247KG
Bilan			
	300€/T → -83,7€	300€/T → -90,3€	300€/T → -40,2€
	325€/T → -86,4€	325€/T → -88,6€	325€/T → -34,1€
	350€/T → -89,1€	350€/T → -86,8€	350€/T → -27,9€
	375€/T → -91,8€	375€/T → -85,1€	375€/T → -21,7€

Les résultats économiques de Corbais ne sont pas très positifs. En effet, on remarque que les non-désherbés ne produisent en aucun cas de résultats positifs. Les prix souvent élevés des semences du couvert et la perte de rendement presque systématique en non-désherbé dans cet essais produit des résultats toujours négatifs, excepté pour le mélange commercial le moins cher produisant une résultat économique semblable au témoin.

En ce qui concerne les modalités désherbées en post-levée, les résultats sont, pour la plupart, semblables au témoin avec des écarts allant de -85€ à +73€.

Les modalités désherbées en pré-levée, produisent des résultats négatifs dans 5 cas sur 6 et ce, malgré l'augmentation de rendement. Le prix du désherbage ajouté au cout des semences provoque des charges trop imposantes.

Malgré des résultats pas toujours positifs, il ne faut pas oublier que c'est sur plusieurs années que les bénéfices du colza associés peuvent être marqués. Ainsi, le gain de rendement en froment devrait également être inclus dans cette analyse.

Tableau synthétique

Le tableau suivant reprend les résultats économiques calculés ci-avant en prenant le prix de 150€/tonne, le prix rendu Rouen étant à 366€/t le 22 aout 2018 (Terre net, 2018).

LOCALITÉ	LODALITÉ	MARGE BRUTE
VERLÉE	Fp/L/TA 1/2 désherbage	+ 220€
VERLÉE	Fp/L/TA désherbage pleine dose	+ 193€
VERLÉE	JD2 (Vp/TA)	+ 185€
MERBES-LE-CHÂTEAU	Fp/TA/TB	+ 185€
VERLÉE	Fp/L/TA/Ni/V/G	+ 158€
CORBAIS	Fp/L/Ny/Sa post-levée	+ 62€
VERLÉE	Colza Fix-Trio (GFL)	+ 62€
VERLÉE	Fp/L/TA/TB	+ 57€
CORBAIS	L/TA pré-levée	+ 32€
CORBAIS	L/TA post-levée	+ 11€
CORBAIS	Colza-Fix-Trio non désherbé	+1€
CORBAIS	JD2 post-levée	+ 1€
CORBAIS	Fp/L/Ny/Sa pré-levée	- 9€
CORBAIS	L/TA non désherbé	- 11€
CORBAIS	Fp/L/Ny/Sa non désherbé	- 16€
CORBAIS	Colza-Fix-Trio post-levée	- 23€
CORBAIS	Fp/L/TA post-levée	- 26€
CORBAIS	TA/L/Fp/TB pré-levée	- 28€
CORBAIS	Fp/L/TA non désherbé	- 37€
MERBES-LE-CHÂTEAU	Fp/TA/TB -27 uN	- 42€
CLAVIER	Fp/L/TB ferti non-désherbé	- 53€
CORBAIS	JD2 pré-levée	- 74€
CORBAIS	Fp/L/TA pré-levée	- 76€
GERPINNES	Fp/L/TA	- 79€
CORBAIS	Colza-Fix-Trio pré-levée	- 82€
CORBAIS	TA/L/Fp/TB post-levée	- 87€
CORBAIS	TA/L/Fp/TB non-désherbé	- 89€
CORBAIS	JD2 non désherbé	- 92€
CLAVIER	Fp/L/TB ferti désherbé	- 109€

IV. Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire, était de comparer l'itinéraire technique d'une culture innovante, le colza associé et du colza en culture pure. Des comparaisons ont été réalisées à plusieurs niveaux, que ce soit agronomique, environnemental ou économique.

Les essais menés via les micro-parcelles ainsi que sur les longues bandes chez les agriculteurs permettent de faire avancer la technique et permettent aux agriculteurs d'apprendre les itinéraires qui fonctionnent et ceux qui se comportent moins bien sur leurs propres parcelles.

Au point de vue agronomique, nous avons pu observer sans l'analyse statistique que les colzas associés produisaient une biomasse aérienne inférieure avant l'hiver au colza cultivé en culture pure mais qu'il se rattrapait ensuite puisqu'à la floraison, aucune différence significative de biomasse n'avait pu être constatée. Une augmentation des rendements a aussi été observée dans plus de 75% des cas. Cette année, l'augmentation variait pour la plupart des modalités entre 3 et 7% en plus du colza cultivé avec un itinéraire classique, avec des essais produisant pas moins de 16% en plus.

Un intérêt environnemental a pu être constaté au niveau des intrants. Des réductions de dose d'azote ont pu être faites tout en obtenant un rendement équivalent. Point de vue herbicide, nous avons vu qu'il était possible de réduire les doses voir de supprimer l'anti-dicotylée dans le cas de parcelle peu salissantes, le principal étant de produire un maximum de biomasse en automne. En ce qui concerne les insectes ravageurs, peu de conclusions ont pu être tirées grâce aux essais de cette année, des améliorations peuvent encore être faites.

Dans la plupart des cas, les agriculteurs s'y retrouvent économiquement parlant grâce à l'augmentation de rendement et la diminution des intrants qui compensent le cout de semences du couvert lorsque celui-ci n'est pas trop élevé. Des gains de 100€ ont souvent été constatés cette année, ce qui n'est pas négligeable vu le contexte économique agricole actuel difficile. Malgré des pertes chez certains agriculteurs, une augmentation du rendement du froment permettra sans doute la compensation. La réduction des traitements insecticides pourra aussi être pris en compte, dès lors que l'effet protecteur de l'association sera démontré.

Nous avons pu constater que l'implantation du colza et des plantes compagnes demandait rigueur et réflexion pour un bon déroulement de la culture. Un semis tôt dans la saison permet une biomasse importante du couvert qui produira alors tous ces avantages.

Je pense finalement que cette technique peut convenir à tout agriculteur maîtrisant la technique du colza en culture pure et ayant une bonne connaissance de ses parcelles et de leurs exploitations. La technique du colza associé a probablement de beaux jours devant elle, il ne manque plus que l'évolution des mentalités.

Bibliographie

- Archambeaud, M. (2009, Juin/juillet/aout). Colza: le CETIOM confirme l'orientation SD et l'association avec légumineuses. *TCS(53)*, pp. 11-14.
- Arvalis. (s.d.). *Fiche couvert - Niger*. Récupéré sur Arvalis: http://www.fiches.arvalis-infos.fr/couverts/fiche_couvert.php?id_couvert=143
- BASF. (s.d.). *Les ravageurs du colza - La grosse altise*. Récupéré sur BASF agro: https://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/le_colza/les_maladies_ravageurs_adventices1_pgc/les_ravageurs3_pgc/grosse_altise_2.html
- Cadoux, S., & Sauzet, G. (2016). *Colza associé à un couvert de légumineuses gélives*. Terres Inovia.
- Cadoux, S., & Sauzet, G. (2016, Octobre). Colza associé: des bénéfices agronomiques confirmés. *Perspectives agricoles*, pp. 56-58.
- Canada, A. a. (s.d.). *L'allélopathie*. Récupéré sur Umanitoba: http://www.umanitoba.ca/outreach/naturalagriculture/weed/files/nonchemical/allelopathy_f.htm
- Carré latin*. (2018). Récupéré sur Wikipédia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Carr%C3%A9_latin
- Cartryse, C., & De Proft, M. (2018, Mai 4). Floraisons contrastées, de bonnes à mauvaises! *Le Sillon Belge*, p. 12.
- Chabert, A. (2017). *Les Limaces*. Récupéré sur Gembloux Ulg: <http://www.gembloux.ulg.ac.be/phytotechnie-temperee/appo/MAJ%20INDEX/reunionAPPO2fev2017/CHABERT%20Acta%20Les%20Limaces.pdf>
- Charbonnaud, J., & al. (2017, octobre). *Point colza - Les altises maintiennent la pression mais les colzas se revigorent progressivement*. Consulté le 04 05, 2018, sur Terre inovia: <http://www.terresinovia.fr/espaces-regionaux/messages-techniques/regions-ouest/2017/point-colza-les-altises-maintiennent-la-pression-mais-les-colzas-se-revigorent-progressivement/>
- Charbonnaud, J., Lieven, J., Tourton, E., & Rabourdin, N. (2017, Juillet). *Conseil colza: Associer son colza à des légumineuses gélives*. Récupéré sur Terres Inovia: <http://www.terresinovia.fr/espaces-regionaux/messages-techniques/regions-ouest/2017/conseil-colza-associer-son-colza-a-des-legumineuses-gelives/>
- Corre-Hellou, G., & al. (2014). *Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales*. INRA.
- FDSEA80. (2015-2016). *Tarifs moyens par type de chantier 2015-2016*. Récupéré sur FDSEA80: <http://www.fdsea80.fr/espace-pratique/machinisme/tarif-d-entraide/tarifs-moyens-par-type-de-chantier/>

- FOP-CETIOM-ONIDOL-SOFIPROTEOL. (2007). *Colza*. Prolea Cetiom.
- Gilbert, G. (s.d.). *Aphanomyces*. Récupéré sur Agriréseau: <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/Aphanomyces.pdf>
- Greenotec. (2017). *Greenofiches*. Récupéré sur Greenotec.
- Greenotec. (2018).
- Groff, S. (2018). How to make cover crops pay.
- Guihard, M. (2017, Juillet-août). Choix de semoir-Semoir à céréales ou monograine? *Cultivar*, pp. 12-18.
- Guihard, M.-D. (2013, Septembre/octobre). Association avec des légumineuses: les idées reçues sur l'azote s'effondrent. *TCS(74)*, pp. 33-34.
- Hupin, F., Merchier, M., & Massin, X. (2016, Septembre/octobre). Colza associé: testé avec succès en Wallonie. *TCS*, pp. 4-6.
- Inovia, T. (s.d.). *Limaces - Biologie et risques*. Récupéré sur Terre Inovia: <http://www.terresinovia.fr/colza/cultiver-du-colza/ravageurs/limaces/biologie-risques/>
- IRM. (2018, avril). *Relevés avril 2018*. Récupéré sur Météo Belgique: <https://www.meteobelgique.be/article/relevés-et-analyses/année-2018/2267-relevés-avril-2018.html>
- J.V. (2017, mars). Les limaces attaquent? Observez... et ripostez sans tarder! *Sillon belge*.
- Jacquemin, P. (s.d.). *Trop de sulphonylurées dans nos champs?* Récupéré sur Agriculture de conservation: <http://agriculture-de-conservation.com/Trop-de-sulfonylurees-dans-nos.html>
- Lieven, J. (2011). *Geraniums: savoir les gérer dans une rotation colza-ble-orge*. Récupéré sur Agroperspectives: <https://www.agroperspectives.fr/post/Geraniums-savoir-les-gérer-dans-une-rotation-colzableorge>
- Louarn, G., & al. (2017). *Dynamique de l'azote dans les associations graminées-légumineuses : quels leviers pour valoriser l'azote fixé ?* Belgrade, Serbie. Consulté le 04 04, 2018, sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01484832/document>
- Mazoyer, M. (2002). *Larousse agricole*. Récupéré sur Larousse: <http://www.larousse.fr/archives/agricole>
- Mélilot*. (2012). Récupéré sur Encyclopédie de l'Agora: <http://agora.qc.ca/dossiers/Melilot>
- Merchier, M. (2018). Les cultures associées et la possibilité de diminuer les traitements. Namur.
- Merchier, M., & Herman, J.-L. (2018, Juin). Description d'une rotation avec travail du sol minimum, toutes les étapes importantes vues à la loupe. Ligny.

- Minette, S. (2009). *Caractéristiques des principales cultures intermédiaires*. Récupéré sur Agriculture de conservation: https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/RPC_cultures_intermediaires.pdf
- Pousset, J. (2016). *Agricultures sans herbicides*. France Agricole.
- Robert, C. (2017, Février). Colza: diminuer les insecticides, c'est possible. *Perspectives agricoles*(441), pp. 38-41.
- Sauzet, G. (2016, Janvier/février). Le colza associé avec des légumineuses: gestion de la fertilisation azotée. *TCS*(86), pp. 4-9.
- Sauzet, G. (2018). Association de culture: le colza associé.
- Sauzet, G. (2018, février). Les associations de culture: cas du colza associé. Obernai.
- Seyer, M. (2017, Juin). *Altises sur colza : brouiller les pistes grâce aux légumineuses*. Récupéré sur La France agricole: <http://www.lafranceagricole.fr/cultures/altises-sur-colza-brouiller-les-pistes-grace-aux-legumineuses-1,1,3257978571.html>
- Simon, M. (2009, aout 31). *Physiologie des végétaux supérieurs*. Récupéré sur Cours-pharmacie: <http://www.cours-pharmacie.com/biologie-vegetale/physiologie-des-vegetaux-superieurs.html>
- Soltner, D. (2016). *Agroécologie: guide de la nouvelle agriculture*. Bressuire: Sciences et techniques agricoles.
- SPW. (2017). *L'agriculture wallonne en chiffres 2017*. Récupéré sur Agriculture Wallonie: <https://agriculture.wallonie.be/documents/20182/21858/FR-2015.pdf/591e9fba-0df8-43a3-ac3a-042aeb83714c>
- Terre net. (2018, aout). *Marché du colza*. Récupéré sur Terre net: <https://www.terre-net.fr/marche-agricole/colza/physique>
- Terre Inovia. (2018, Février). *Légumineuses associées au colza : gèleront ? gèleront pas ?* Récupéré sur Terre Inovia: <http://www.terresinovia.fr/espaces-regionaux/messages-techniques/regions-nord-et-est/2018/info-technique-legumineuses-associees-au-colza-geleront-geleront-pas/>
- Thomas, F., & al. (2013). *Les couverts végétaux: gestion pratique de l'interculture*. Paris: France agricole.
- Thomas, F., & Sauzet, G. (2011, Juin/juillet/aout). Colza: tour d'horizon avec Gilles Sauzet. *TCS*(63).
- Thomas, F., Sauzet, G., & Waligora, C. (2017, Juin/juillet/aout). Colza, l'agriculture de conservation lui procure un vrai renouveau. *TCS*, pp. 18-28.
- Tivoli, B., & Andrivon, D. (s.d.). *Bioagresseurs et architecture des couverts végétaux: vers des idéotypes variétaux et cultureaux*. Récupéré sur

http://www.modelia.org/html/20121122_SeminaireArchidemio/pdf/01_architecture_maladie_Tivoli_Andrивon_22nov2012.pdf

Van Boxsom, A., & al. (2018, Avril 27). *Point colza - Faut-il retourner les parcelles qui ne fleurissent pas correctement ?* Récupéré sur Terre Inovia: <http://www.terresinovia.fr/espaces-regionaux/messages-techniques/regions-nord-et-est/2018/point-colza-faut-il-retourner-les-parcelles-qui-ne-fleurissent-pas-correctement/>

végétal, A.-I. d. (s.d.). *Les fiches Arvalis*. Récupéré sur Arvalis: <http://www.fiches.arvalis-infos.fr/>

Viaux, P. (2012). *Systèmes intégrés: une troisième voie en grande culture*. Paris, France: France Agricole.

Wacker, L., Duphil, M., & Vézian, R. (2018, Mai 3). *Techniques culturales simplifiées*. Récupéré sur Dico agroécologie: <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/techniques-culturales-simplifiees/>

Waligora, C. (2009, Juin/juillet/aout). Colza associé: n'hésitez plus: osez la diversité! *TCS*(53), pp. 6-9.

Waligora, C. (2012, Janvier/février). *Campagnols: la prédation est votre meilleure arme, efficace et durable*. Récupéré sur Agriculture de conservation: <http://agriculture-de-conservation.com/CAMPAGNOLS-LA-PREDATION-EST-VOTRE.html>

Waligora, C. (2012, Juin/juillet/aout). Colza associé: la leçon des implantations 2011: avoir un colza dynamique. *TCS*.

Yara. (s.d.). *Infos N°5 - Peut-on encore prévoir le prix des engrais azotés?* Récupéré sur Yara: <http://www.yara.fr/fertilisation/purs-nutriments/infos-n5-marche-des-engrais-azotes/>

Annexes

Annexe 1 : Représentation des essais

Antheit



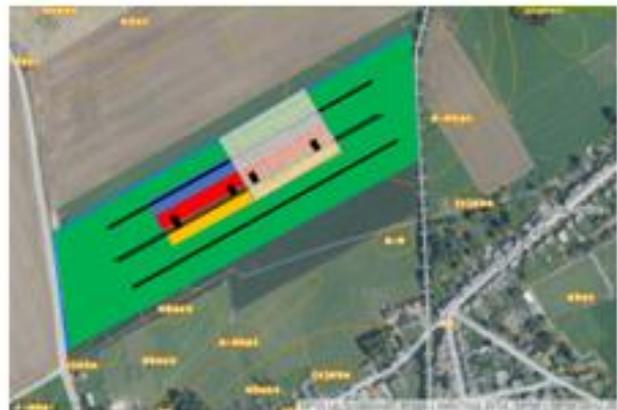
Code Couleur	Objet	Description
20m de /	Témoin	Colza pur
20m de /	CDI	Lotier corniculé + TB Buxodol
10m de /	Double récolte	Vesce isobé + Pois Andrea + Féverole d'hiver

Assesse



Code Couleur	Objet	Description
	Associé désherbé	Colza + Colza fix Trio
	Associé non désherbé	Colza + Colza Fix Trio
	Témoin	Colza pur

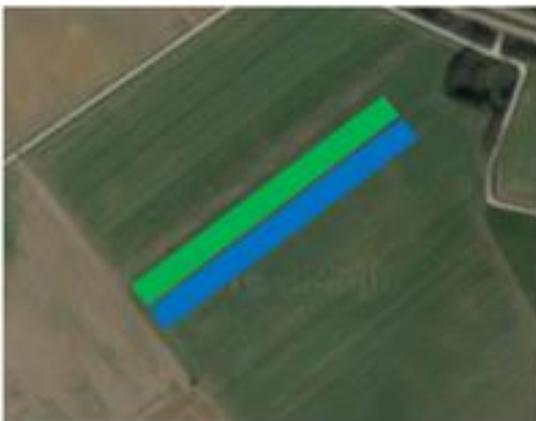
Clavier



Code Couleur	Objet	Description	Largeur	Coût
	Témoin Désherbé		12m	
	Associé désherbé	Colza + Courot Lentille Taraçole Trèfle blanc	12m	
	Associé non désherbé	Colza + Courot Lentille Taraçole Trèfle blanc	12m	
	Témoin non désherbé		12m	
	0 arable		800-1500m de long	

■ Zone sol au 1,5*2m (démarc et contour trace de ~~colza~~ en associé)

Corbais



Code Couleur	Objet	Description
	Témoin	Colza pur
	Colza associé	Colza + Féverole + TA + Lentille + TB

Marchin



Code Couleur	Objet	Description
16m de large +/- 250m de long	Témoins	Colza pur (Alexander)
16m de large +/- 250m de long	Colza associé	Colza + Colza Fix élite

Mellery



Code Couleur	Objet	Description
	Témoins	16m
	Associé non désherbé	Reste de la parcelle
	Associé désherbé	16m

Terwagne



Code Couleur	Objet	Description
30m de l	Témoins	Es Mamba 2.8kg DK Exception 0.5kg Es Alicia 0.01kg
27m de l	Associé désherbé	Colza + Couvert Lentille 7kg Fenugrec 7kg Millet 1kg Féverole 50kg

Verlée

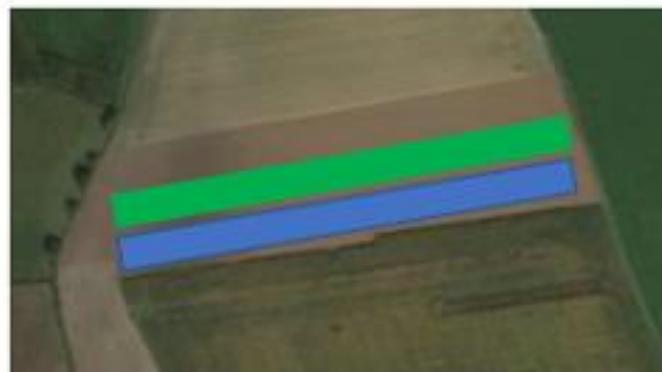
27M	Colza seul désherbé	27M
15M	Colza seul % dose désherbage	27M
12M	Colza, Féverole, lentille, trèfle Alouardrie. % Dose désherbage	27M
27M	Colza, Féverole 60 Kg, lentille 30 kg, trèfle Alouardrie 5 Kg	27M
27M	Colza, Féverole 60 Kg, lentille 10Kg, Trèfle Alouardrie 5Kg, Trèfle blanc 3kg	27M
27M	Colza, grasse 15 Kg, Fenugrec 5 Kg, lentille 5 Kg	27M
27M	Colza, vesces 12 Kg, trèfle 12 Kg	27M
27 M	Colza, vesces 15 Kg, volet 2 kg, lentille 5 Kg, trèfle Alex 3 Kg, vesces 7 Kg, volet 5kg	27 M
18M	Colza, tout mélange ZERO PHYTO.	18M
9M	Colza seul	9M

Bois de Villers



Code Couleur	Objet	Description	Densité (kg/ha)	Dimension
	Témoin	Colza pur	/	12*100
	Trèfle blanc	2 kg	11,11 kg/ha	18*100
	Lotier TB	3 Kg	16,67 kg/ha	18*100
	Trèfle blanc	1 Kg	5,56 kg/ha	18*100

Herquegies



Code Couleur	Objet	Description
	Témoin	Colza pur
	Colza associé	Colza + Lentille + Fenugrec + TB

Merbes-Le-Chateau



Code Couleur	Objet	Description
	Témoin	Colza pur
	Colza associé	Colza + Féverole + TA + TB

Gerpennes



Code Couleur	Objet	Description
	Témoin	Colza pur
	Colza associé	Colza + Féverole + TA + Lentille

Annexe 2 : Résultats des essais

Localité	Modalité	Désherbage	MF totale EH (kg/ha)	MS totale EH (kg/ha)	MS		Nbre altises/pied	Nbre adv/m ²	Rendement à 9%
					Floraison (t/ha)				
Antheit	LC/TB	/	6459	638					3763,3
Antheit	Témoin colza	/	10167	965			1,85		3715,9
Antheit	VJ/PA/Fh	/	25111	785			1,55		3706,2
Assesse	Colza Fix Trio (G/F/L)	Désherbé	34200	3473				0,83	4514,3
Assesse	Colza Fix Trio (G/F/L)	Non Désherbé	28052	2825				4,31	4812,5
Assesse	Témoin colza	Désherbé	32532	3420				0,93	4593,5
Clavier	Fp/L/TB	Désherbé	30381,5	2627	8704,29		2,45	1,38	5257,8
Clavier	Fp/L/TB Zéro azote	Non Désherbé		0					4669,5
Clavier	Fp/L/TB Zéro azote	Désherbé	30381,5	0	7177,76				4972,6
Clavier	Fp/L/TB	Non Désherbé		4049				1,43	5231,7
Clavier	Témoin colza	Désherbé	23846	0	8007,87		0,6	0,68	5376,1
Clavier	Témoin colza Zéro azote	Non Désherbé		0					4977,7
Clavier	Témoin colza Zéro azote	Désherbé	23846	0	6909,38				4753,1
Clavier	Témoin colza	Non Désherbé	23846	2897				2,69	5327,6
Corbais	Colza Fix Trio (G/F/L)	1,7l/ha Butisan gold post-levée	33288,5	4119					4829,5
Corbais	Colza Fix Trio (G/F/L)	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré-levée	27685,5	3559,5					4651
Corbais	Colza Fix Trio (G/F/L)	Sans désherbage d'automne	32256,5	4065,5					4727,3
Corbais	JD2 Vp/TA	1,7l/ha Butisan gold post-levée	37913	4620,5					4963,4
Corbais	JD2 Vp/TA	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré-levée	33405,5	4042					4757,9
Corbais	JD2 Vp/TA	Sans désherbage d'automne	45448	5021,5	7133				4526,7
Corbais	L/Fp/Sa/Ny	1,7l/ha Butisan gold post-levée	36370	4482,5				0,73	5215,7
Corbais	L/Fp/Sa/Ny	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré-levée	36830,5	4204				0,43	5022

Corbais	L/Fp/Sa/Ny	Sans désherbage d'automne	36624	4142	7498,77	0,44	4821,5
Corbais	TA/L	1,7l/ha Butisan gold post-levée	30672,5	3689			4943
Corbais	TA/L	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré- levée	31460	3628,5			5013,1
Corbais	TA/L	Sans désherbage d'automne	32492,5	3850,5			4711
Corbais	TA/L/Fp	1,7l/ha Butisan gold post-levée	33560,5	3865,5		0,48	4946,6
Corbais	TA/L/Fp	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré- levée	34143,5	3911,5		0,67	4813,1
Corbais	TA/L/Fp	Sans désherbage d'automne	40855,5	4279,5		0,22	4742,9
Corbais	TA/L/Fp/TB	1,7l/ha Butisan gold post-levée	41812	4469,5			4836,9
Corbais	TA/L/Fp/TB	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré- levée	31641	3619			5015,5
Corbais	TA/L/Fp/TB	Sans désherbage d'automne	41130,5	4474	7453,29		4660,9
Corbais	Témoin +30uN	1,7l/ha Butisan gold post-levée	27986,5	3423		1,37	5019,3
Corbais	Témoin +30uN	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré- levée	29626	3466		0,58	5203,3
Corbais	Témoin +30uN	Sans désherbage d'automne	35846	4309,3	7066,61	1,87	4874,2
Corbais	Témoin colza pur	1,7l/ha Butisan gold post-levée	35206	2823,3		0,82	4768,3
Corbais	Témoin colza pur	1L Butisan gold + 0.15L Centium pré- levée	35410	4140,7		0,48	4749
Corbais	Témoin colza pur	Sans désherbage d'automne	30787,33333	3807,3	8589,65	0,82	4623,2
Corbais	TA/L/Fp/TB bande	Sans désherbage d'automne	40422	5345	6676,67	5,65	4647,4

Corbais	Témoin bande	colza	Sans désherbage d'automne	26205	3325	7252,38	10,1	4373
Gerpinnes	Fp/L/TA		Désherbé	28686	3306	8535,02	2,5	3731,2
Gerpinnes	Témoin colza		Désherbé	23005	2722	8649,07	1,85	3844,8
Herquegies	L/F/TB		Binage Bio	31118	2763			
Herquegies	Témoin colza		Binage Bio	30140	2502			
Marchin	L/Fp		Non Désherbé	21416	2243			3362,7
Marchin	Témoin Smaragd	colza	Non Désherbé	28824	3058			3911,4
Marchin	Témoin colza Sky		Non Désherbé	23358	2267			3612,3
Mellery	JD2 Vp/TA		Désherbé	14462,3	2313,3		0,41	4518,0
Mellery	JD2 Vp/TA		Non Désherbé	21948	2987,6	6079,19	5,98	4332,3
Mellery	Témoin colza		Désherbé	7884	1387	6730,97	0,83	4389,1
M-L-C	Fp/TA/TB -30uN		Désherbé		2722			4190,1
M-L-C	Fp/TA/TB		Désherbé	21332	2722			4905,5
M-L-C	Témoin colza		Désherbé	18903	2796			4260,1
Terwagne	L/F/Me/Fp		Désherbé	34740	3552	9148,17	0,6	5188,1
Terwagne	Témoin colza		Désherbé	20737	2567	8179,07	0,85	5007,9
Verlée	Colza 0 PHYTO		Non Désherbé	15116	1624		3,88	3695,6
Verlée	Colza Fix Trio (G/F/L)		1,6l/ha Butisan gold post-levée	15973	1604			4313,8
Verlée	Fp/L/TA		0,8l/ha Butisan gold post-levée	14714	1396		16,69	4691,9
Verlée	Fp/L/TA		1,6l/ha Butisan gold post-levée	13974	1597		6,94	4738,2
Verlée	Fp/L/TA/TB		1,6l/ha Butisan gold post-levée	17073	1899			4398,6
Verlée	Fp/Ny/L/TA/V/G		1,6l/ha Butisan gold post-levée	14923	1491			4619,6
Verlée	JD2 Vp/TA		1,6l/ha Butisan gold post-levée	16950	1904			4645,6
Verlée	Témoin Colza		0,8l/ha Butisan gold post-levée	16408	1664		20,81	4583,8
Verlée	Témoin Colza		1,6l/ha Butisan gold post-levée	12004	1367		24,88	3997,4
Verlée	Tout mélange		Non Désherbé	16837	1771			3948,9

ETUDE DE LA TECHNIQUE DU COLZA ASSOCIÉ

Etudiant: Eline DUFOSSÉZ
Maitre de stage: Simon DIERICKX
Promoteur: Hugues FALYS

HEPN - Ciney
Finalité techniques et
gestion agricoles
Année 2017-2018

Problématique et Objectifs:

- Culture du colza consommatrice importante d'intrants
- Comparer l'itinéraire technique du colza associé et du colza pur
- Définir les avantages et inconvénients de la technique
- Analyser la rentabilité en comparaison avec du colza en culture pure



Colza pur (gauche) >> Colza associé (droite)

Matériel et méthodes:

Essais mis en place chez
13 agriculteurs en Wallonie:

- Essais en bande
- Essai scientifique à répétition en micro-parcelles

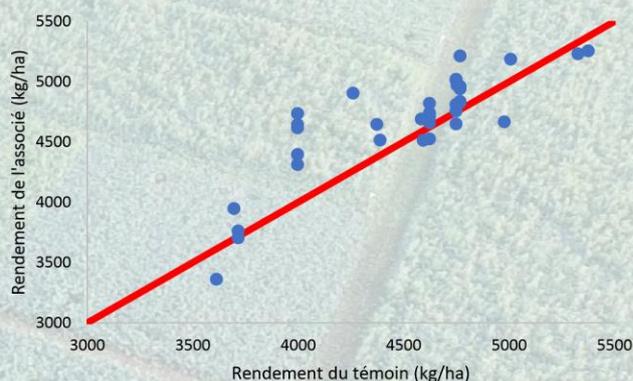


- Prélèvement des biomasses en automne (voir photo ci-jointe)
- Comptage des adventices
- Comptage du nombre de larves d'altises présentes en fin d'hiver
- Mesure de l'azote présent dans le sol
- Prélèvement de la biomasse à la floraison
- Mesure de l'azote contenu dans les colzas
- Mesure du rendement du colza et du froment après colza associé

Résultats:

- Biomasse des colzas plus faible en EH mais biomasse totale (colza + couvert) + plus élevée en associé que culture pure
- Impact +/- important du désherbage sur la biomasse des légumineuses
- Plus il y aurait de biomasse produite en EH, moins il y aurait d'adventices
- Plus de 15 unités azote en + disponible pour le colza
- Rendements des colzas associés supérieurs au colza pur dans 78% des cas → les points sont situés au-dessus de la ligne rouge lorsque le rendement de l'associé est supérieur au témoin
- Rendement du froment après colza associé serait supérieur de 2 qtx environ

Comparaison du rendement du colza associé au témoin



Conclusion:

- Diminution d'intrants possible:
 - Economie sur l'azote
 - Economie sur le désherbage
- Rendements améliorés du colza et du froment
- Marge brute variable mais souvent améliorée sur deux ans



Abeille butinant des fleurs de colza

Bibliographie:

Photographies et graphique réalisés par Eline Dufosseze