PROVINCE de NAMUR
Enseignement & Formation
Haute École

Agriculture de conservation des sols
Greenotec ASBL

Impacts et gestions de différentes intercultures courtes entre une culture de pois de conserverie et une culture de froment.

Promoteur : Monsieur HUGUES FALYS

Maître de stage : Monsieur MAXIME MERCHIER

Travail réalisé par SIMON CLOET

Année académique 2015-2016

3ème bachelier en Technique et Gestion Agricole

Abstract

La culture du pois de conserverie est une culture laissant, derrière elle, des reliquats en azote importants. De plus, la couverture du sol de l'après récolte est obligatoire lorsqu'elle se déroule avant le 1er août. Cette interculture, considérée comme une contrainte par beaucoup d'agriculteurs, peut devenir un vrai atout agronomique, économique et écologique. En effet, des économies sur la fumure azotée, sur les techniques de destruction des couverts et de semis du froment peuvent-être réalisées. Afin d'analyser et d'affirmer ces résultats, des essais de destruction et de fertilisation ont été mis en place. Il en ressort que le semis direct à disque, pour détruire le couvert et implanter le froment, est la technique la plus économique. La fertilisation azotée la plus adaptée est celle qui s'élève à 100 unités. Des économies sont donc bien possibles après une telle culture. La continuité d'essais similaires permettrait d'obtenir des résultats encore plus précis et plus fiables.

Het verbouwen van conserven erwten laat daarna een belangrijk stikstof profiel na. Een groenbemester is verplicht als de oogst van de erwten gebeurd voor 1er augustus. Deze groenbemester is aangezien als een vervelende zaak voor veel landbouwers. Dit kan een echte agronomische, economische en ecologische aanwinst zijn. Inderdaad, een besparing van de stikstofbemesting, vernietiging van de groenbemester en het inplanten van tarwe kunnen gerealiseerd worden. Om deze resultaten te analyseren, proeven werden uitgevoerd op het vernietigen en het bemesten. Het resultaat, dat het direct vernietigen van de groenbemesting en het inplanten van tarwe, is de spaarzaamste methode. De meest geschikte stikstofbemesting is honderd eenheden. Een besparing is mogelijk na deze conserven erwtenoogst. Met de voortdurende proeven zullen we nog over betere resultaten kunnen beschikken.

Mots clés :

Pois de conserverie, Interculture courte, Azote, Semis direct, TCS (Technique de Conservation des Sols).

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes premiers remerciements à mon maître de stage, Monsieur Maxime MERCHIER qui m'a permis de mener à bien ce travail de fin d'étude. Il m'a proposé un sujet de mémoire très intéressant et m'a guidé tout au long de mon stage de la mise en place des essais jusqu'à l'analyse des résultats. Je le remercie pour l'intérêt qu'il a porté à l'avancement de mon mémoire.

Je voulais également adresser mes remerciements à Benoît VANDEVOORDE, chez qui les essais étaient implantés et à Marc de TOFFOLI et ses collègues de l'UCL, qui ont contribué à la réalisation de l'essai fertilisation ainsi qu'à la mesure des profils azotés et des biomasses des couverts.

Je remercie également mon promoteur, Monsieur Hugues FALYS, professeur à la HEPN section agronomie, pour ses conseils, son aide et son intérêt envers mon travail.

Un grand merci à mes proches pour m'avoir aidé et soutenu lors de la rédaction de ce mémoire.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont aidé à mener à bien ce travail.

Table des matières

Introduction 1
Partie théorique 2
I. Présentation de l'ASBL greenotec 3
1. Historique 3
2. Localisation 3
3. Personnel 3
4. Membres de l'ASBL 3
5. Administration 4
6. Importance économique 5
7. Activités de l'ASBL 5
II. État des connaissances 7
1. Les intercultures courtes 7
1.1. Définitions 7
1.2. Contexte législatif 8
2. Impacts des couverts végétaux 9
2.1. Impacts agronomiques et environnementaux 9
2.2. Impacts économiques 14
3. Les différentes espèces utilisées 16
3.1. La moutarde blanche 16
3.2. La phacélie 18
3.3. L'avoine 19
3.4. La vesce 21
3.5. Le trèfle d'Alexandrie 22
3.6. Le sarrasin 23
3.7. Le tournesol 24
3.8. Le nyger 25
4. Plutôt des mélanges que des espèces en pur 26
5. Les intérêts des légumineuses dans les intercultures 28
6. Risque aphanomycès 30
7. Techniques de destruction des couverts 31
7.1. Destruction mécanique 31
7.1.1. Avec travail du sol 31

7.1.2. Sans travail du sol 32
7.2. Destruction chimique 33
8. Techniques de semis du froment 34
8.1. Semis direct à disque 34
8.2. Semis direct à dent 34
8.3. Semoir rapide 35
8.4. Combiné herse rotative et semoir à disque 36
9. Résultats d'essai réalisé dans les années antérieurs 37
9.1. Résultats des profils azotés pour l'essai FDH13 37
9.2. Résultats de biomasses pour les essais FDH13 et FDH14 38
9.3. Résultats des rendements du froment pour les essais FDH13 et FDH14 39
9.1. Conclusion et perspective des deux années d'essai 41
Partie pratique 42
III. Objectifs 43
IV. Matériel et méthodes 44
1. Les parcelles expérimentales 44
1.1. Topographie et type de sol 45
1.2. Itinéraire technique 46
1.2.1. Essai FDH15 (Froment D'Hiver 2015) 46
1.2.2. Essai FDH16 (Froment D'Hiver 2016) 47
1.3. Illustration des outils utilisés pour les essais FDH15 et FDH16 48
1.4. Illustration des couverts implantés dans l'essai FDH15 49
1.5. Illustration des couverts implanté dans l'essai FDH16 50
2. Dispositif expérimentaux 51
2.1. Essai couverture de sol et destruction FDH15 51
2.2. Essai FDH16 53
2.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation 54
2.2.2. Essai destruction 55
3. Mesures réalisées 56
3.1. Biomasse 56
3.2. Comptage des levées du froment 57
3.3. Comptage d'épis 57
3.4. Azote 58

3.4.1. Mode opératoire pour déterminer les teneurs en azote des échantillons..... 59
3.5. Rendements et qualité technologique des grains..... 61
V. Traitement des données..... 62
1. Biomasses des intercultures courtes..... 62
1.1. Essai FDH15..... 62
1.2. Essai FDH16..... 63
2. Comptage des levées du froment..... 65
2.1. Essai FDH15..... 65
2.1.1. Essai couverture de sol..... 65
2.1.2. Essai destruction..... 66
2.2. Essai FDH16..... 67
2.2.1. Essai couverture de sol..... 67
2.2.2. Essai destruction..... 68
3. Mesures d'azote..... 70
3.1. Essai FDH15..... 70
3.1.1. Essai couverture de sol..... 70
3.1.2. Essai destruction..... 72
3.2. Essai FDH16..... 73
3.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation..... 73
3.2.2. Essai destruction..... 74
4. Comptage d'épis..... 75
4.1. Essai FDH16..... 75
4.1.1. Essai couverture de sol/fertilisation..... 75
4.1.2. Essai destruction..... 77
4.1.2.1. Nombre d'épis en fonction du type de destruction..... 77
4.1.2.2. Nombre d'épis en fonction du type de couvert..... 78
4.1.2.3. Nombre de talles de froment monté en épis en fonction du type de destruction..... 79
5. Rendements et qualité technologique des graines de froment..... 80
5.1. Rendement du froment d'hiver..... 80
5.1.1. Essai FDH15..... 80
5.1.1.1. Essai couverture de sol..... 80
5.1.1.2. Essai destruction..... 81
5.1.2. Essai FDH16..... 82

5.1.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation 82
5.1.2.2. Essai destruction 83
5.2. Teneur en humidité des graines 85
5.2.1. Essai FDH15 85
5.2.2. Essai FDH16 86
5.2.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation 86
5.2.2.2. Essai destruction 87
5.3. Poids spécifique des graines 89
5.3.1. Essai FDH15 89
5.3.2. Essai FDH16 90
5.3.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation 90
5.3.2.2. Essai destruction 91
5.4. Poids de mille grains 93
5.4.1. Essai FDH15 93
5.4.2. Essai FDH16 94
5.4.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation 94
5.4.2.2. Essai destruction 95
VI. Résultats et discussions 97
1. Evaluation agronomique 97
1.1. Réflexion n°1 : Les couverts composés de légumineuses jouent également un effet piège à nitrate significatif 97
1.2. Réflexion n°2 : La biomasse produite par les intercultures courtes dépend du type de mélange réalisé 97
1.3. Réflexion n°3 : Par la restitution des éléments fertilisants captés par les couverts, les différents mélanges d'engrais verts testés ont un impact sur l'auto-fertilisation azotée du froment d'hiver 98
1.4. Réflexion n°4 : La modalité 100% semis direct à disque a un impact sur la production de biomasse des intercultures courtes, la mobilité de l'azote dans le sol et le rendement du froment d'hiver 99
1.5. Autres paramètres testés pour lesquels aucuns effets statistiques significatifs n'ont pu être dégagé 99
2. Évaluation économique 100
2.1. Comparaison économique des modalités de destruction et de semis 100
2.2. Comparaison économique des trois fumures azotées 101
3. Evaluation environnementale 101

VII. Conclusion et perspectives 102
Bibliographie 103
Poster 105
Annexes 106

Table des abréviations

APL : Azote Potentiellement Lessivable 59
ARVALIS : Institut technique au service des agriculteurs et des filières 13
C/N : Rapport carbone azote 20
CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate 9
FDSEA : Fédérations départementales des syndicats d'exploitants agricoles..... 101
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique 30
RSH : Reliquats sortie d'hiver 28
UNIP : L'interprofession des plantes riches en protéines..... 30
VIVESCIA : Groupe coopératif agricole et agroalimentaire, puissant et performant, maîtrisant les filières de l'assiette au champ, du consommateur au producteur, et répondant aux attentes des clients et de la société 30

Table des illustrations

Figure 1 : Évolution du nombre de membres chez Greenotec 3
Figure 2 : Schéma explicatif d'une interculture longue 7
Figure 3 : Schéma explicatif d'une interculture courte 7
Figure 4 : Évolution de l'azote dans un sol nu et dans des sols avec différents engrais vert implanté (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013) 9
Figure 5 : Croute de battance imperméable (Arvalis, institut du végétal, 2016) 10
Figure 6 : Couvert de moutarde (Greenotec, 2012) 16
Figure 7 : Couvert de phacélie (Greenotec, 2012) 18
Figure 8 : Couvert d'avoine (Greenotec, 2012) 19
Figure 9 : Observation de l'effet allélopathique avec un couvert composé d'avoine et un sans avoine (Greenotec, 2015) 20
Figure 10 : Couvert de vesce (Greenotec, 2012) 21
Figure 11 : Couvert de trèfle d'Alexandrie (Greenotec, 2012) 22
Figure 12 : Couvert de sarrasin (Greenotec, 2012) 23
Figure 13 : Couvert de tournesol (Greenotec, 2012) 24
Figure 14 : Couvert de nyger (Greenotec, 2012) 25
Figure 15 : Mélange de type *« biomax »* (Greenotec, 2007) 27
Figure 16 : Destruction de couvert par un outil à disque (Greenotec, 2015) 31
Figure 17 : Illustration d'un rolofaca (Eco-dyn, 2016) 32
Figure 18 : Éléments de semis du semoir Sky Easy Drill (Guy, 2016) 34
Figure 19 : Élément de semis du semoir Claydon (Herve, 2015) 35
Figure 20 : Principe de mise en terre des graines à l'aide de l'élément semeur du semoir Claydon (Herve, 2015) 35
Figure 21 : Composition du semoir rapide Horsch Pronto (Horsch, 2015) 36
Figure 22 : Combiné herse rotative + semoir (Cloet, 2005) 36
Figure 23 : Résultats des profils azotés de l'essai FDH13 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013) 37
Figure 24 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai de 2013 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013) 38
Figure 25 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai de 2014 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2014-2015) 38
Figure 26 : Rendement du froment semé après les intercultures courtes de l'essai de 2013 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013) 39
Figure 27 : Rendement du froment semé après les intercultures courtes de l'essai de 2014 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2014-2015) 40
Figure 28 : Situation des parcelles expérimentales (Google maps, 2016) 44
Figure 29 : Localisation des deux essais (Google maps, 2016) 44
Figure 30 : Topographie des parcelles des essais (extrait de la carte topographique n°40-5 à l'échelle 1/10.000 - IGN, année indéterminée) 45
Figure 31 : Caractéristiques pédologiques des deux parcelles de Court-Saint-Étienne (extrait de la carte pédologique n°130W à l'échelle 1/25.000 - CECSVB, année indéterminée) 45
Figure 32 : Déchaumeur à disque (Disc Roller) 48

Figure 33 : Charrue express Perrein 48
Figure 34 : Semoir Horsch Pronto 48
Figure 35 : Semoir de semis direct à dent (Claydon) 48
Figure 36 : Semoir de semis direct à disque (Sky Easy Drill) 48
Figure 37 : Déchaumeur à dent (Smaragd) 48
Figure 38 : combiné de semis (rotative + semoir) 48
Figure 39 : Broyeur 48
Figure 40 : Semoir de semis direct (Séméato) 48
Figure 41 : Modalité n°2 : Moutarde blanche 49
Figure 42 : Modalité n°3 : Nyger 49
Figure 43 : Modalité n°4 : Avoine blanche 49
Figure 44 : Modalité n°5 : Vesce C. + vesce P. + trèfle d'A. 49
Figure 45 : Modalité n°6 : Avoine brésilienne + Trèfle d'A. 49
Figure 46 : Modalité n°7 : Sarrasin 49
Figure 47 : Modalité n°8 : Moutarde + phacélie 49
Figure 48 : Modalité n°8 : Avoine Brésilienne + vesce pourpre 49
Figure 49 : Modalité n°10 : Avoine de Printemps + gesse + fenugrec 49
Figure 50 : Modalité moutarde + phacélie + nyger + tournesol + vesce commune 50
Figure 51 : Modalité moutarde + phacélie 50
Figure 52 : Modalité Avoine Brésilienne + trèfle d'Alexandrie 50
Figure 53 : Modalité Avoine blanche + vesce commune 50
Figure 54 : Plan de l'essai FDH15 52
Figure 55 : Plan de l'essai fertilisation FDH16 54
Figure 56 : Plan de l'essai destruction FDH16 55
Figure 57 : Redistribution manuelle de la biomasse sur la surface récoltée (Greenotec, 2015) 56
Figure 58 : Sonde permettant de réaliser les échantillons de biomasse fraiche (Cloet, 2016) . 57
Figure 59 : Carré en plastique de 0,25 m² utilisé pour le comptage des levées et le comptage des épis 57
Figure 60 : Sonde hydraulique attelée à un tracteur (Greenotec, 2015) 59
Figure 61 : Tamisage de l'échantillon de sol (Cloet, 2016) 59
Figure 62 : Agitation des pots à l'aide d'une baratte (Cloet, 2016) 60
Figure 63 : Filtration du mélange et récupération du jus filtré (Cloet, 2016) 60
Figure 64 : Moissonneuse batteuse expérimentale de la S.A. Redebel (Greenotec, 2015) 61
Figure 65 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai FDH15 62
Figure 66 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai FDH16 63
Figure 67 : Comptage des levées de froment pour l'essai couvert FDH15 65
Figure 68 : Comptage des levées de froment pour l'essai destruction FDH15 66
Figure 69 : Comptage des levées de froment en fonction du type de couvert pour l'essai destruction FDH16 67
Figure 70 : Comptage des levées de froment en fonction du type de destruction et du type de couvert pour l'essai destruction FDH16 68
Figure 71 : Évolution du reliquat azoté pour l'essai FDH15 70
Figure 72 : Évolution du reliquat azoté pour l'essai FDH15 71

Figure 73 : Évolution du reliquat azoté en fonction du type de travail de sol pour l'essai FDH15 72
Figure 74 : Évolution du reliquat azoté en fonction des différentes intercultures implantées pour l'essai couvert/fertilisation FDH16 73
Figure 75 : Évolution du reliquat azoté en fonction du type de travail de sol pour l'essai destruction FDH16 74
Figure 76 : Comptage du nombre d'épis/m² en fonction du type de couvert et de la fertilisation pour l'essai couverture de sol FDH16 75
Figure 77 : comptage des épis de froment en fonction du type de destruction pour l'essai destruction FDH16 77
Figure 78 : comptage des épis de froment en fonction du type de couvert pour l'essai destruction FDH16 78
Figure 79 : Rendement du froment pour l'essai couverture de sol FDH15 80
Figure 80 : Rendement du froment pour l'essai destruction FDH15 81
Figure 81 : Rendement du froment d'hiver pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16 82
Figure 82 : Rendement du froment d'hiver pour l'essai destruction FDH16 83
Figure 83 : Humidité des graines de froment pour l'essai FDH15 85
Figure 84 : Humidité des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16 86
Figure 85 : Humidité des graines de froment pour l'essai destruction FDH16 87
Figure 86 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai FDH15 89
Figure 87 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16 90
Figure 88 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai destruction FDH16 91
Figure 89 : PMG des graines de froment pour l'essai FDH15 93
Figure 90 : PMG des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16 . 94
Figure 91 : PMG des graines de froment pour l'essai destruction FDH16 95

Table des tableaux

Tableau 1 : Itinéraire technique de la parcelle de l'essai FDH15 46
Tableau 2 : Itinéraire technique de la parcelle de l'essai FDH16 47
Tableau 3 : Description des modalités de l'essai FDH15 51
Tableau 4 : Description des modalités de l'essai FDH16 54
Tableau 5 : Description des modalités de couverture de sol pour l'essai destruction FDH16 . 55
Tableau 6 : Description des modalités de destruction pour l'essai destruction FDH16 55
Tableau 7 : Comparaison des modalités de destruction et de semis sur le plan économique 100
Tableau 8 : Rentabilité des différentes fumures azotées appliquées sur le froment d'hiver .. 101

Table des annexes

Annexe 1 : Bulletin d'analyse chimique de terre 106
Annexe 2 : Bulletin d'analyse granulométrique de terre..... 107
Annexe 3 : Coût moyen d'utilisation du matériel (FDSEA, 2016)..... 108

Introduction

Au fur et à mesure des années, les coûts de production des exploitations agricoles ne cessent d'augmenter et le prix des matières premières atteint des prix très bas. La rentabilité des exploitations agricoles est donc de plus en plus diminuée voir pour certaines années négative. La diminution des coûts de production est donc indispensable pour la survie des exploitations agricoles. Ces coûts de productions peuvent être la fumure azotée qui est appliquée sur les cultures ainsi que les interventions mécaniques sur le sol (broyage, travail de sol profond, …). De plus, les agriculteurs sont soumis à de nouvelles exigences environnementales.

La culture du pois de conserverie est un très bon précédent à la culture du froment. En effet, cette première culture laisse derrière elle un profil riche en azote. Cet azote, rapidement minéralisé, est directement lessivable. L'implantation d'une interculture courte semble donc intéressante pour capter cet azote. De plus, une partie de ces nitrates, captés par les engrais verts seront redistribués à la culture suivante par minéralisation. Une diminution de la fumure azotée serait donc possible. Une autre question se pose : Quelle est la méthode la plus économique et la plus rentable pour implanter la culture de froment d'hiver dans une couverture végétale volumineuse ? Enfin, une dernière question est posée : Est-il possible de transformer les obligations environnementales en un atout agronomique, écologique et économique ?

Pour répondre à ces questions, plusieurs essais ont été mis en place. Premièrement, un essai composé de 9 intercultures différentes a été implanté sur la saison culturale 2014-2015. Sur cette même saison, un autre essai compare 4 modalités de destruction de couvert et de semis du froment. Ensuite, deux autres essais sont implantés sur la saison culturale 2015-2016. Le premier vise à comparer trois intercultures différentes. Sur ce même essai, trois fertilisations différentes sont testées afin de voir si la fumure azotée peut être diminuée. Le deuxième essai de cette saison culturale consiste à tester 7 destructions de couvert et de semis de froment différents. Il permettra sans doute, de distinguer la modalité la plus économique et la plus rentable.

Afin d'implanter ces différents essai, une recherche théorique a été réalisée. Cette recherche s'est effectuée à l'aide de magazines spécialisés dans le domaine (Technique Culturale Simplifié, Perspective agricole, …), d'ouvrages rédigés sur des thèmes bien précis (les couverts végétaux, …) et de sites internet traitant les sujets adéquats à mes recherches.

Ensuite, une partie pratique est rédigée afin de mettre en œuvre les recherches théoriques. Dans cette partie, un premier point matériel et méthode décrit les différents essais ainsi que les différentes mesures réalisées dans ces essais. Le deuxième point consiste à traiter toutes les mesures réalisées. Celles-ci sont présentées sous forme graphique. Le dernier point expose les résultats intéressants. Ceux-ci sont accompagnés d'une discussion.

Enfin, la partie finale est, quant à elle, consacrée aux conclusions mais aussi aux perspectives qui existent dans ce domaine.

Partie théorique

I. Présentation de l'ASBL greenotec

1. Historique

L'ASBL greenotec (acronyme de Groupement de Recherche sur l'Environnement et d'Étude de Nouvelles Techniques Culturales) est une association d'agriculteurs qui a été fondée officiellement en 2006. Ces agriculteurs voulaient trouver des solutions concrètes aux problématiques rencontrées lors de l'adoption de techniques de conservation des sols sur leurs exploitations. Les membres de cette ASBL possèdent des profils très variés. Une grande partie sont des agriculteurs convaincus du non-labour et l'autre partie sont des adeptes de l'utilisation de la charrue mais, voyant dans les techniques culturales simplifiées de réels avantages pour des raisons agronomiques et/ou législatives. Les différents essais agronomiques mis en place par Greenotec répondent donc aux besoins et aux questionnements des agriculteurs, en développant et en optimisant des techniques culturales existantes ou innovantes. De plus, des activités de vulgarisation, de démonstration sur des sujets agronomiques divers et variés sont aussi organisées par l'ASBL. (Merchier, 2016)

2. Localisation

Le siège social de l'ASBL est situé à Bonneville, chez le président et les bureaux se trouvent à Mons, rue de Nimy n°46.

3. Personnel

La coordination de l'association est réalisée par Monsieur Maxime Merchier (ingénieur agronome).

4. Membres de l'ASBL

À la base de la fondation de l'ASBL, le groupe d'agriculteurs comptait dix membres en mars 2006. Aujourd'hui, l'association comprend 297 membres.

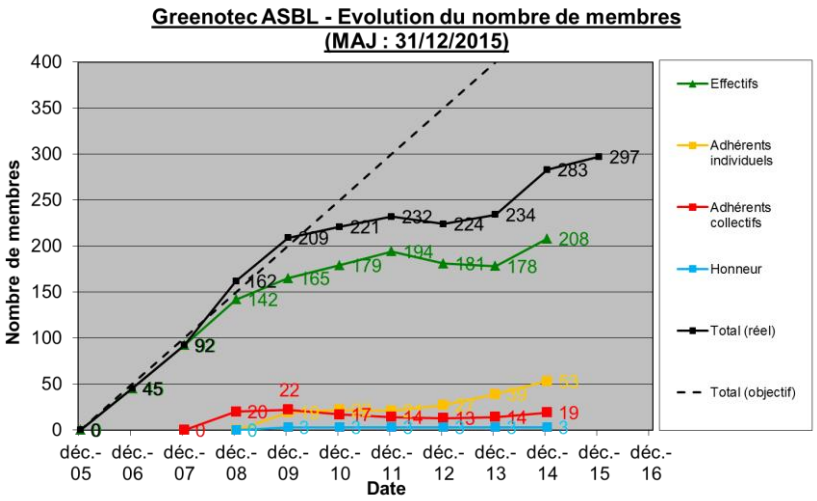


Figure 1 : Évolution du nombre de membres chez Greenotec

Les membres sont classés en quatre catégories :

- Les membres effectifs :

Il s'agit de toute personne, physique ou morale, qui est agriculteur belge (professionnel ou en société). Seule cette catégorie de membres a le droit de vote à l'assemblée générale (A.G.). Ces membres doivent verser une cotisation annuelle de 20 euros.

- Les membres adhérents individuels :

Il s'agit de toute personne, morale ou physique (agriculteur étranger, étudiants, professeurs, …). Les membres adhérents n'ont pas le droit de vote à l'assemblée générale. La grande et unique différence entre membres effectifs et adhérents réside donc dans le droit de vote à l'A.G. par les membres effectifs. La cotisation de ces membres s'élève à 20 euros par an.

- Les membres adhérents collectifs :

Les membres adhérents collectifs sont des groupes de personnes. Ceux-ci tout comme les adhérents individuels n'ont pas le droit de vote à l'assemblée générale. Il s'agit d'association comme Nitrawal, l'ULG, l'APPO, …. La cotisation annuelle s'élève à 60 euros.

- Les membres d'honneur :

Il s'agit de toute personne, physique ou morale qui aurait rendu des services à l'ASBL et qui par conséquent, mérite d'être membre. Cette catégorie n'a pas le droit de vote à l'A.G. Aucune cotisation n'est demandée à ces membres.

5. Administration

Chaque année, une assemblée générale à laquelle tous les membres peuvent participer est organisée dans le but d'y tenir des élections statuaires pour renouveler 4 postes sur 12 du conseil d'administration. En 2016, celui-ci est constitué des membres suivants :

- Président : M. Héger Charles-Bernard
- Vice-président : M. de Theux Xavier
- Trésorier : M. Louppe Louis
- Secrétaire : M. Merchier Maxime
- Administrateurs : MM Brion Jean-Charles, Vandevoorde Benoît, Detienne Richard, Dumont de Chassart Guibert, Lange Emmanuel, Michotte Vincent, Morelle Jacques, Noël Marc

6. Importance économique

Depuis 2002, l'ASBL greenotec bénéficie du soutien financier du service public de Wallonie (direction du développement rural de la DGARNE) dans le cadre d'une convention tripartite entre l'administration, le monde de la recherche agronomique (CRA-W, Gembloux Agro-Bio Tech et l'UCL entre autres) et les agriculteurs de l'association. Depuis 2009, l'association a également engagé des collaborations avec divers organismes publics (administrations communales) et privés (entreprises agro-alimentaires).

7. Activités de l'ASBL

Greenotec réalise différentes activités qui peuvent être réparties en trois grandes catégories : des activités de vulgarisation, d'expérimentations et de conseil.

- Activités de vulgarisation :

Elles visent à informer et former les agriculteurs à la pratique des TCS (Techniques de Conservation des Sols) ou d'autres bonnes pratiques agronomiques. Tout ceci se fait au travers de journées d'études (séances de formation, visite de champs d'essai, visite de ferme, …), de conférences (présentation de résultats d'expérimentations dans les comices, CETA, …), de newsletters (Greenotélex, lettre d'informations techniques aux membres de l'ASBL) et d'un site internet.

Les activités de vulgarisation ont quatre objectifs :

- Diffusion des résultats d'essais.
- Formation des agriculteurs à la pratique des TCS.
- Sensibilisation du monde agricole, des chercheurs, des instances administratives et politiques mais également du grand public, sur la pertinence des TCS dans les contextes environnementaux, économiques et techniques actuels.
- Information de l'existence en Wallonie d'une structure et d'un projet portant sur les aspects techniques des TCS et susceptibles d'apporter des éléments de réponse concrète à des problèmes pratiques rencontrés sur le terrain par les agriculteurs.

- Activités d'expérimentations :

Elles ont pour rôle de mettre au point et/ou d'optimiser des itinéraires techniques de conservation des sols pour les grandes cultures cultivées en Wallonie. L'objectif de ces activités consiste à mettre au point ou à optimiser des itinéraires techniques de grandes cultures en TCS satisfaisant aux exigences environnementales, techniques, agronomiques et économiques.

Les essais sont conduits avec toute la rigueur exigée par l'expérimentation agronomique. Cependant, ils doivent être mis en place de manière à pouvoir servir de support aux activités de vulgarisation. Tous les essais sont mis en place chez des agriculteurs adhérents à l'association.

Pour ce qui est des suivis, le principe est un peu différent. Ils sont proposés à des agriculteurs membre de l'ASBL. Le but est de tester une nouvelle technique sur une petite superficie de leur exploitation. Ensuite, sur base de critères simples, le personnel de l'ASBL va caractériser en cours de saison la pertinence de la nouvelle technique.

Bien que les suivis présentent une valeur scientifique moindre que celle des essais, ils permettent toutefois de valoriser l'expérience et l'expertise propre des agriculteurs y participant.

Des synthèses annuelles des essais et des suivis sont réalisées en collaboration avec les partenaires scientifiques. Elles se trouvent sous format papier et électronique publiées sur le site internet de l'ASBL.

- Activités de conseil :

Il s'agit de conseil personnalisé transmis aux agriculteurs et aux chercheurs intéressés par les TCS. Ces conseils sont rendus possibles grâce à l'acquisition d'expérience et de référence au cour des années précédentes. Chaque année, des visites en exploitations, des dossiers documentaires et des conseils téléphoniques sont réalisés.

Ces activités répondent aux trois objectifs suivant :

- Offrir des conseils personnalisés aux agriculteurs et aux chercheurs, qui en font la demande, sur les « bonnes pratiques culturales » de la transition des techniques culturales conventionnelles vers les TCS.
- Faire bénéficier aux agriculteurs, qui en font la demande, de références qui leur permettraient d'orienter leurs décisions dans la résolution des problèmes techniques qu'ils pourraient rencontrer dans la pratique des TCS. Ces références peuvent provenir d'agriculteurs ayant déjà surmonté ces problèmes.
- Acquérir et assurer au travers de l'ASBL Greenotec un rôle permanent de « structure relais » pour tout ce qui touche de près ou de loin les TCS en Wallonie.

(Propos recueillis auprès de M. Maxime Merchier)

II. État des connaissances

1. Les intercultures courtes

1.1. Définitions

Une interculture est la période qui sépare la récolte d'une culture et le semis de la culture suivante. (Hupin & Dewez, 2004)

Dans la littérature, une interculture courte est définie comme une interculture qui succède et précède deux cultures d'hiver. (Labreuche, 2014)

Dans notre cas, nous allons définir une interculture courte comme une culture de couverture qui suit une culture de légumineuse (pois de conserverie), et est détruite en automne pour implanter une culture de froment d'hiver.

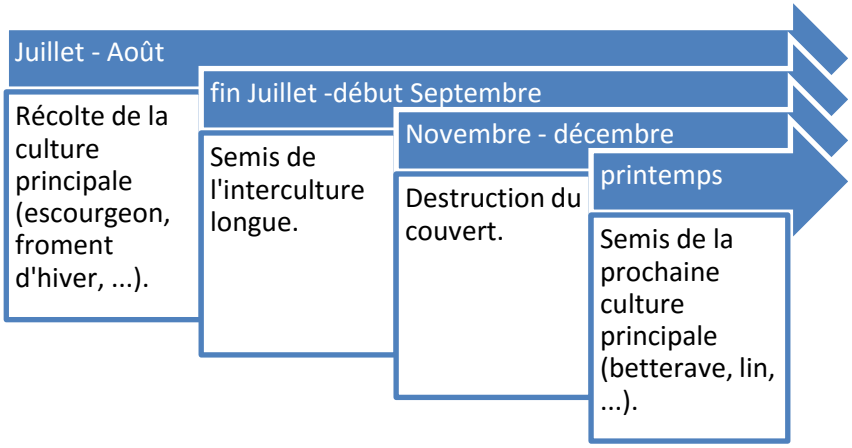


Figure 2 : Schéma explicatif d'une interculture longue

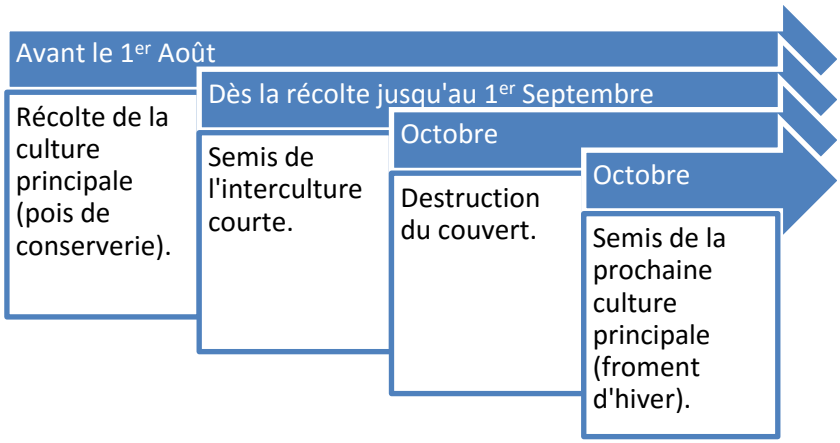


Figure 3 : Schéma explicatif d'une interculture courte

D'autres termes peuvent être utilisés lorsqu'on parle d'intercultures :

- *Culture intercalaire* : c'est une culture secondaire semée entre deux cultures principales.
- *Engrais vert* : c'est une culture secondaire semée après une culture principale, non récoltée mais enfouie dans le sol. Son but est d'augmenter la fertilité des sols.
- *CIPAN* : culture intermédiaire piège à nitrate dont le but est de capter les nitrates qui sont soumis à un risque de lixiviation.
- *Culture dérobée* : c'est une culture intercalaire qui est récoltée pour nourrir le bétail. (Hupin & Dewez, 2004)

1.2. Contexte législatif

Actuellement, l'implantation de couverts intermédiaires est réglementée. Dans ce travail, nous allons nous intéresser aux intercultures courtes qui suivent une culture de légumineuses pures. À ce sujet, la législation dit : *« après toute culture de légumineuse récoltée avant le 1er août et suivie d'une culture de froment, il est obligatoire d'implanter une couverture pour le 1er septembre. Le couvert peut être composé d'un maximum de 50% de légumineuses en poids de semence. »* (Agr'Eau, 2016). Cette obligation est valable pour les exploitations situées en zone vulnérable. Elle est donc valable pour une grande partie de la Wallonie.

2. Impacts des couverts végétaux

2.1. Impacts agronomiques et environnementaux

L'implantation d'engrais vert possède des impacts positifs tant du point de vue agronomique et environnemental. Ces différents impacts sont expliqués ci-dessous et sont issus du livre intitulé *« Les couverts végétaux »* rédigé par Messieurs Frédéric Thomas et Matthieu Archambeaud. Frédéric Thomas est agriculteur et spécialiste des techniques de conservation des sols depuis une vingtaine d'année. Il est aussi le créateur de la revue TCS (Techniques Culturales Simplifiées) qui est une référence pour les agriculteurs intéressés par la mise en œuvre de pratiques agricoles alternatives. Mathieu Archambeaud est un passionné d'agronomie et d'écologie. Il forme et conseille les agriculteurs et les techniciens à la mise en place de l'agroécologie. Le lien entre les TCS, agriculture de conservation, pratiques alternatives et agroécologie est en premier lieu le maintien de la fertilité des sols pour les générations futures.

- <u>Piégeage des nitrates</u> :

Les cultures intermédiaires piège à nitrate (CIPAN) vont dans un premier temps permettre de lutter contre le lessivage de l'azote mais aussi d'autres éléments comme le phosphore, le potassium, …. Ils vont aussi permettre d'éviter la rétrogradation de certains éléments. (Thomas & Archambeaud, 2013)

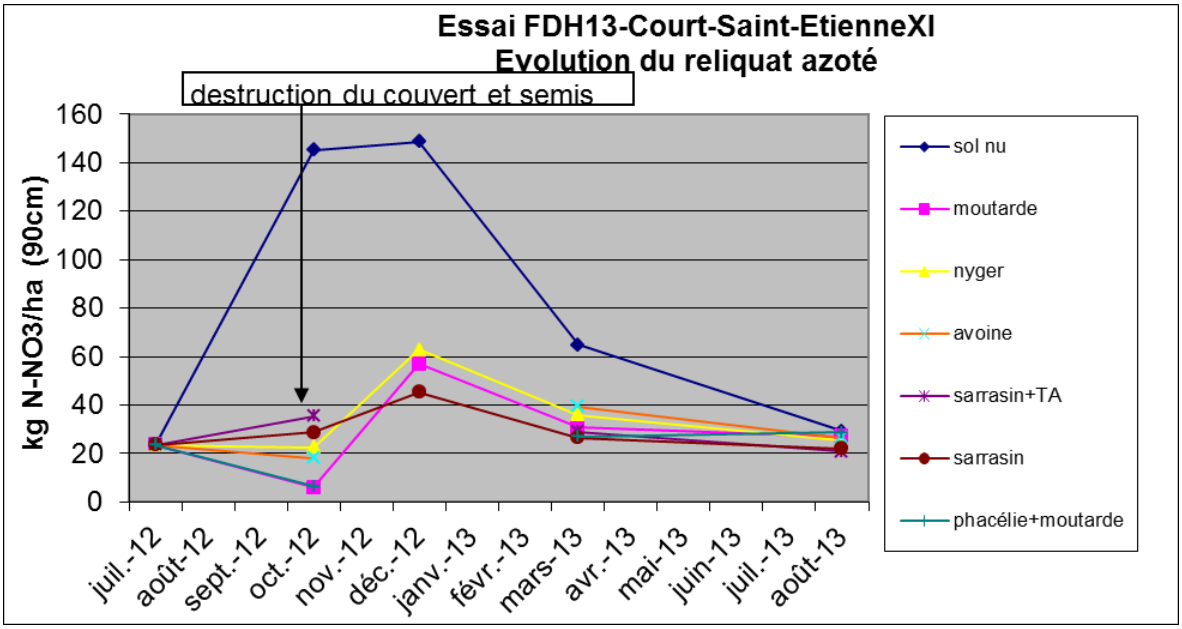


Figure 4 : Évolution de l'azote dans un sol nu et dans des sols avec différents engrais vert implanté (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013)

Ce graphique nous confirme la capacité des engrais verts à piéger les nitrates présents dans les sols. En effet, plus ou moins 110 unités d'azotes ont été piégées grâce à l'implantation d'un engrais vert durant cette interculture courte.

- <u>Protection du sol</u> :

Le couvert végétal protège le sol contre les gouttes de pluie. On évite donc l'effet « splash »[1] qui conduit à la formation d'une croûte de battance imperméable. Il ralentit également le ruissèlement de surface puisque que la porosité du sol est augmenté grâce aux galeries crée par la vie du sol. De ce fait, l'infiltration de l'eau est augmentée et le processus d'érosion des sols est donc freiné. De plus, la stabilité thermique du milieu est améliorée puisque la couverture protège le sol contre le rayonnement solaire**.** De ce fait cela limite l'échauffement de la surface et réduit l'évaporation. Tout ceci est favorable à l'activité biologique.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

Figure 5 : Croute de battance imperméable (Arvalis, institut du végétal, 2016)

[1] Effet splash : *« l'impact des gouttes de pluie sur un sol dépourvu de végétation entraîne la destruction des agrégats de surface, d'autant plus que le taux de matière organique est faible et que la texture est limoneuse. Cette désagrégation provoque une compaction superficielle du sol (croûte de battance) imperméable à l'eau et aux gaz. […]. »* (Thomas & Archambeaud, 2013)

- Amélioration de la structure :

La présence de racines vivantes conserve et ouvre des passages dans le sol pour l'infiltration de l'eau, la circulation des gaz et des êtres vivants. Cette biomasse vivante stimule et protège également l'activité biologique qui elle-même structure le sol.

L'humus produit permet d'améliorer la structure du sol. En sols argileux, il permet « d'alléger » la structure. Par contre en sols sableux, il augmente la cohésion entre les particules du sol. L'humus travaille donc différemment sur la structure en fonction de la texture du sol.

Les couverts végétaux prennent le relais de la culture précédente dans la préservation de la structure du sol. Cette interculture à des avantages comparés à la culture précédente puisqu'elle sera entièrement restituée au sol sauf si celle-ci est récoltée dans le but de nourrir du bétail. De plus, durant cette période d'interculture, il y a une absence de protection chimique ou mécanique. Ceci garantit le plein développement de l'activité biologique. La structuration du sol est dès lors plus efficace.

La structuration du sol se fait donc par la biomasse racinaire qui fissure le sol et l'agglomère, mais également par les êtres vivants (lombric, insectes et mammifères) qui assurent l'aération et le brassage des éléments entre eux.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

- Protection et alimentation de la vie du sol :

L'activité biologique du sol a besoin d'une alimentation en continu et d'un milieu de vie stable (température, humidité, structure). La biomasse végétale fraîche produite en interculture alimente et protège les organismes du sol. Ceux-ci disposent ainsi d'un milieu favorable pour vivre, se reproduire, entretenir la structure et enrichir le sol. La matière organique est transformée en éléments minéraux simples (sels minéraux, eau, dioxyde de carbone, …) qui sont à nouveau disponibles pour les plantes. Ce recyclage permanent permet au sol d'être un milieu vivant.

Lorsqu'on implante des couverts végétaux, on réduit les pertes en éléments nutritifs (azote, …) et on enrichit le « pool organique », réservoir de la fertilité des sols. On améliore donc sa fertilité, on fait des économies et on préserve l'environnement.

On peut conclure que les couverts végétaux sont le carburant du « moteur du sol ». L'activité de la vie du sol va donc dépendre de la quantité de biomasse produite.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

- Les ravageurs et auxiliaires :

Souvent, la présence d'une couverture végétale est interprétée, par les agriculteurs, comme favorable aux ravageurs (limaces, pucerons, campagnols, …) et maladies. Durant les premières années, il est vrai que la biomasse produite par les intercultures peut développer et entretenir certains risques. Ensuite, après plusieurs années, des populations d'auxiliaires favorables vont se développer, à condition de les épargner et de les favoriser avec des pratiques agricoles adaptées (réduction du travail du sol, lutte insecticide raisonnée, …). Il faut juste un peu de temps pour qu'un équilibre se mette en place.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

- Lutte contre le salissement du sol :

Les couverts végétaux jouent un rôle important contre le salissement des parcelles. Pour que l'engrais vert soit une plante de couverture idéale, il doit occuper l'espace avant les repousses et avant les adventices potentielles. Il doit donc :

- Avoir une implantation précoce pour s'installer et se développer rapidement.
- Être agressif sur les autres espèces pour la lumière, les nutriments et l'eau en consommant toutes les ressources disponibles.
- Couvrir le sol et étouffer la concurrence en ayant un port montant et étalé.
- Disposer d'un système racinaire concurrentiel.

Il existe aussi certaines espèces (avoine, sarrasin et sorgho) qui émettent des substances allélopathique qui sont toxiques pour les autres espèces. Les adventices sont donc freinés.

De plus, des couverts compétitifs peuvent contribuer à la diminution du stock semencier qui est présent à la surface du sol. Un environnement qui est maintenu couvert et humide permet à une série de granivores (insectes, limaces, champignons) de consommer les graines non germées. Un couvert qui est bien mené peut devenir plus efficace que plusieurs faux semis.

Par contre, les couverts végétaux ne peuvent pas à eux seul maitriser durablement l'enherbement. Pour arriver à un résultat optimal, il est nécessaire de combiner tous les moyens de lutte.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

Enfin, des essais menés par ARVALIS[2] démontrent qu'il faut aussi faire attention au phénomène de grenaison des adventices dans le couvert. Pour que ce phénomène se réalise, les adventices doivent avoir un cycle de végétation très court. Très peu sont capables de réaliser l'entièreté de leur cycle dans un couvert. Seuls le séneçon vulgaire, la véronique de perse et les pâturins en sont capables. Ces adventices sont surtout nuisibles lorsqu'elles ne sont pas détruites avant l'implantation du couvert. Il est donc important de semer les couverts sur une terre propre. (Métais, 2015)

- <u>Stockage du carbone dans le sol</u> :

Les sols contiennent grâce à la matière organique 2 à 3 fois plus de carbone que l'atmosphère. Ce stockage de carbone est lié à la production de biomasse par les plantes grâce à la photosynthèse. Des essais réalisés par ARVALIS ont démontré qu'inclure des couverts intermédiaires dans la rotation fait augmenter significativement le stock de carbone dans le sol. En effet, une culture intermédiaire stocke environ 0,24 t de carbone par an et par hectare.

Par contre, contrairement à ce qu'on pourrait croire, le travail du sol n'a quasi pas d'influence sur le taux de carbone dans le sol que ce soit en labour ou en semis direct. Des essais de longue durée l'ont démontré. C'est plutôt l'humidité de l'année qui va influencer le taux de carbone. Une année sèche est favorable au stockage tandis qu'une année humide est défavorable. Ceci est tout à fait compréhensible puisque la minéralisation est accentuée lors d'une année humide.

L'implantation de cultures intermédiaires a donc un effet positif sur le réchauffement climatique. Les sols pourraient donc stocker beaucoup de CO_2 qui est en partie responsable du réchauffement de la planète.

(Cohan & Labreuche, 2015) (Gate & Cohan, 2016)

[2] Institut technique au service des agriculteurs et des filières

2.2. Impacts économiques

Les couverts engendrent des coûts supplémentaires sur l'exploitation tels que le coût des semences, de semis, de destruction, …. Mais ces coûts supplémentaires sont vite rentabilisé vu les avantages qu'ils apportent à long terme. Ces avantages, expliqués ci-dessous, sont issus du livre intitulé « les couverts végétaux ». celui-ci est rédigé par Frédéric Thomas et Matthieu Archambeaud.

- Sécurisation des rendements :

Comme nous l'avons déjà dit auparavant, les couvertures végétales protègent le sol et améliorent sa structure, dynamisent l'activité biologique et augmentent le taux de matière organique. Tous ces éléments augmentent donc la fertilité chimique (captage et recyclage de l'azote, d'éléments majeurs, d'oligo-éléments, ...), physique (augmentation du taux de matière organique, de la qualité et de la profondeur structurale du sol, amélioration du stockage et de la redistribution de l'eau) et biologique des sols (la vie biologique favorise un équilibre écologique où les ravageurs sont en grande partie contrôlés par les prédateurs).

Ces trois types de fertilité permettent aux cultures d'exprimer tout leur potentiel et de mieux résister à des stress de toute nature. On obtient donc une sécurisation et une homogénéisation des rendements.

- Réduction des coûts :
  - *Économie de mécanisation :*

Tout au long de l'année, les racines des cultures et des couverts ainsi que les micro-organismes structurent efficacement le sol. Il sera donc plus performant, moins compacté et plus riche en matière organique ce qui se traduit par un sol qui se travaille mieux et avec moins de puissance. On pourra aussi se passer d'un travail du sol profond et intensif. Les couverts mènent donc vers une simplification du travail du sol.

  - *Économie de fertilisants :*

Grâce à un taux de matière organique élevé et une activité biologique intense, un recyclage efficace des éléments nutritifs est observé. Ce recyclage engendre une diminution du lessivage, de la rétrogradation du phosphore et des oligo-éléments et un captage éventuelle d'azote atmosphérique par les légumineuses. De ce fait, une économie de fertilisants est permise.

  - *Économie des ressources :*

Une économie des ressources en eau est aussi constatée. Ceci par un meilleur accueil des précipitations hivernales (amélioration de l'infiltration et réduction du ruissellement), une augmentation de la capacité de stockage en eau par l'approfondissement de l'enracinement et une levée des compactions grâce à une activité biologique et racinaire.

– *Économie de produits phytosanitaires :*

Un développement de la biodiversité dans les parcelles (meilleur équilibre écologique) et les propriétés de certains couverts (allopathie, concurrence, …) permettent de développer un contrôle biologique des adventices, des ravageurs et des maladies. Une économie de produits phytosanitaires est donc réalisée.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

3. Les différentes espèces utilisées

3.1. La moutarde blanche

Figure 6 : Couvert de moutarde (Greenotec, 2012)

- Présentation :

La moutarde fait partie de la famille des Crucifères (Brassicaceae). Elle se sème entre le 15 août et le 15 septembre à une densité de 8 à 10 kg/ha en pure. Son système racinaire est de type pivotant. Elle s'adapte à tous les types de sols et s'associe bien avec toutes les espèces. Néanmoins, comme elle est rapide au démarrage, elle domine et étouffe vite les plantes compagnes. Pour éviter ceci, il ne faut pas dépasser 1 kg/ha dans le mélange.

- Avantages :
  - Elle est assez facile à implanter.
  - Elle couvre rapidement le sol et étouffe donc facilement les adventices y compris si elle est semée tardivement.
  - C'est une espèce gélive si elle est bien développée.
  - Le coût des semences est faible (15 à 20 €/ha).
  - Enracinement profond grâce à sa racine pivotante.
  - Très bon piège à nitrates, elle peut absorber jusque 80 unités.
  - Production rapide de biomasse.

- Inconvénients :
  - Limitation de l'effet piège à nitrates si destruction trop précoce dans le but d'éviter la pleine floraison.
  - Elle se lignifie assez vite. Elle peut donc encore réabsorber de l'azote dans le profil pour se décomposer. Ceci accentue donc le phénomène de faim d'azote pour la culture suivante.
  - Si son développement est important, les résidus risquent d'être gênants pour l'implantation de la culture suivante.
  - Son système racinaire est peu performant pour restructurer le sol en profondeur.
  - Elle est très sensible au stress (compaction, excès ou manque d'eau, chaleur et manque de fertilité) et monte donc vite en graine. Il faut faire attention que la moutarde ne se ressème pas dans la culture suivante.
  - Résidus de couleur blanche et donc un réchauffement du sol moindre.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.2. La phacélie

Figure 7 : Couvert de phacélie (Greenotec, 2012)

- Description :

La phacélie est une plante faisant partie de la famille des hydrophyllacées. Elle possède un système racinaire mixte (pivotant et fasciculé) qui est très efficace pour restructurer le sol. C'est une plante qui s'adapte à tous les types de sol. Sa date de semis est précoce, elle se situe entre le 15 juillet et le 15 août. Le coût des semences varie entre 30 et 50 €/ha et sa densité de semis est de 8 à 10 kg/ha en pure. Elle possède une bonne capacité à étouffer les adventices. En mélange, elle se comporte très bien avec du tournesol et des légumineuses.

- Avantages :
  - Famille botanique différente des plantes cultivées.
  - Fournit un bon lit de semences à la culture suivante grâce à son système d'enracinement superficiel.
  - Elle a une forte capacité à piéger l'azote dans le sol.
  - Peut produire une biomasse importante si elle est semée tôt.
  - Ses résidus sont noirs. Ceci accentue le réchauffement du sol.
  - Elle est gélive si elle est bien développée (-4°C).
  - Facilement détruite par roulage et mécaniquement.
- Inconvénients :
  - Semence coûteuse.
  - Elle doit être bien semée et enterrée pour germer (germination à l'obscurité).
  - Elle peut monter en graine si elle est semée tôt et donc provoquer des repousses dans la culture suivante.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.3. L'avoine

Figure 8 : Couvert d'avoine (Greenotec, 2012)

- Description :

L'avoine fait partie de la famille des graminées. Elle possède un enracinement fasciculé qui structure bien le sol. Elle se comporte bien en mélange. Sa décomposition est d'autant plus facile lorsque le mélange est composé de légumineuses (pour éviter des faims d'azote). Sa dose de semis est de 70 à 80 kg/ha en pure pour assurer un peuplement correct. C'est une plante qui s'adapte à tous terrains et toutes conditions.

- Avantages :
  - Pas de risque de montée en graines.
  - Semence peu coûteuse (25 à 30 €/ha), facile à produire et à semer.
  - Plante très rustique.
  - Biomasse abondante produite.
  - Peu sensible aux maladies.
  - Sensible au gel lorsqu'elle est bien développée.
  - Se détruit correctement par roulage lorsqu'elle est développée

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

– Observations d'effet allélopathique

Figure 9 : Observation de l'effet allélopathique avec un couvert composé d'avoine et un sans avoine (Greenotec, 2015)

On remarque sur cette photo que le couvert d'avoine est bien propre tandis que le couvert de gauche est envahi de chénopodes.

- <u>Inconvénients</u> :
  - Elle possède un rapport carbone azote (C/N) élevé et met donc du temps pour se décomposer.
  - Elle peut entraîner des faims d'azote pour la culture suivante.
  - Difficultés de reprise du sol lorsqu'elle a produit une biomasse élevée (le sol se réchauffe moins vite).
  - Si elle est semée tard, elle va passer l'hiver et redémarrer au printemps.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.4. La vesce

Figure 10 : Couvert de vesce (Greenotec, 2012)

- Description :

La vesce fait partie de la famille des fabacées (légumineuse). Elle possède un système racinaire fasciculé et superficiel qui est favorable à l'activité biologique. Il faut éviter de l'implanter dans les sols superficiels et limons très battant avec un ph inférieur à 6. C'est une plante qui est grimpante et rampante. Elle se comporte donc très bien en mélange puisqu'elle grimpe sur les plantes dites *« tuteur »* (tournesol, …). Sa dose de semis est de 40 à 50 kg/ha en pure.

- Avantages :
  - Semis facile.
  - Pas de risque de montée en graine.
  - Produit beaucoup de biomasse.
  - Étouffe les adventices grâce à son couvert dense.
  - Produit beaucoup d'azote et d'exsudats racinaires pour la vie du sol.
  - Libère facilement l'azote capté pour la culture suivante.
  - Attire les auxiliaires.
- Inconvénients :
  - Coût de la semence élevé (50 à 100 €/ha).
  - Son démarrage est lent, ce qui la rend peu concurrentielle dans un premier temps.
  - Produit peu d'humus.
  - Sensible aux limaces.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.5. Le trèfle d'Alexandrie

Figure 11 : Couvert de trèfle d'Alexandrie (Greenotec, 2012)

- Description :

Le trèfle d'Alexandrie fait partie de la famille des fabacées (légumineuse) et possède un système racinaire fasciculé. Il se comporte bien en mélange mais plutôt avec des plantes qui ne monte pas trop haut (type phacélie). Il aime bien les sols profonds, ph neutre à légèrement acide et avec une bonne fertilité et de l'humus. Sa densité de semis est de 10 à 15 kg/ha en pure et son coût moyen est de 30 €/ha.

- Avantages :
  - Pas de risque de montée en graine.
  - Croissance rapide s'il dispose de chaleur et d'eau.
  - Produit pas mal de biomasse.
  - Excellente plante mellifère.
  - Couvert assez gélif.
  - Gros fixateur d'azote.
- Inconvénients :
  - Craint les excès d'eau et la sécheresse.
  - Son développement est freiné en dessous de 6°C.
  - Structuration du sol assez faible.
  - Sensible aux limaces.
  - Exige un semis de qualité.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.6. Le sarrasin

Figure 12 : Couvert de sarrasin (Greenotec, 2012)

- Description :

Le sarrasin fait partie de la famille des Polygonacées. Il possède un système racinaire mixte (fasciculé et pivotant). La restructuration du sol est donc très bonne. C'est une plante à cycle court qui se développe très bien dans des sols pauvres et acides. Son comportement en mélange est moyen. Sa dose de semis se situe entre 30 et 40 kg/ha en pure et un semis à la volée peut donner de bons résultats.

- Avantages :
  - Famille de plantes non cultivée (coupure dans la rotation des cycles de maladies, des ravageurs, …).
  - Levée et développement rapide.
  - Plante nettoyante qui contrôle bien le salissement.
  - Plante gélive.
  - Bon précédent à céréales.
  - Production moyenne de biomasse. Celle-ci se décompose rapidement et ne gêne donc pas l'implantation de la culture suivante.
- Inconvénients :
  - Le coût de la semence est élevé (75 à 100 €/ha).
  - Structure moyennement le sol.
  - Produit peu de biomasse et protège peu le sol.
  - Produit vite des graines viables.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.7. Le tournesol

Figure 13 : Couvert de tournesol (Greenotec, 2012)

- Description :

Elle fait partie de la famille des Astéracées et possède un enracinement pivotant. C'est une plante rustique qui est adaptée aux conditions chaudes et sèches mais aussi à tous types de sols. Elle forme un tuteur solide pour toutes les légumineuses grimpantes. Elle est adaptée aux mélanges. Sa dose de semis est de 30 à 40 kg/ha en pure.

- Avantages :
  - Semence peu coûteuse (9 à 12 €/ha).
  - Elle a un fort pouvoir couvrant en début de végétation mais diminue à la fin. Il est donc conseillé de l'associer avec d'autres espèces.
  - Produit beaucoup de biomasse pour les implantations précoces.
  - Bon effet structurant sur le sol.
  - Pas de risque de montée en graines.
- Inconvénients :
  - Plante hôte du Sclerotinia.
  - La graine doit être bien placée dans le sol pour une bonne levée.
  - Lors de son installation, elle est sensible aux pigeons et aux limaces.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

3.8. Le nyger

Figure 14 : Couvert de nyger (Greenotec, 2012)

- Description :

Le nyger fait partie de la famille des astéracées et possède un système racinaire pivotant. Il est bien adapté aux conditions chaudes mais apprécie aussi un peu d'humidité. Il s'implante dans tous les types de sols. Il doit être semé tôt pour donner de bons résultats. C'est une plante qui se comporte bien en association. Il se sème à une densité de 8 à 10 kg/ha en pure.

- Avantages :
  - Facilité d'implantation.
  - Plante gélive (-1°C).
  - Bonne couverture de sol en début de cycle (comme le tournesol).
  - Produit beaucoup de biomasse s'il est semé tôt.
  - Bonne structuration du sol.
  - Peu de risque de montée en graine.
  - La parcelle tend à rester propre même si le couvert est détruit assez tôt.

- Inconvénients :
  - Coût de la semence moyen (25-30 €/ha).
  - Sensible aux limaces.
  - Observation de développement hétérogène du couvert sur les parcelles.

(Thomas & Archambeaud, 2013) (Minette, 2009)

4. Plutôt des mélanges que des espèces en pur

Un engrais vert est plus efficace lorsqu'il est implanté en mélange. Dans ce mélange, il est judicieux d'associer des légumineuses et des non-légumineuses. Ceci pour différentes raisons :

- Les légumineuses sont moins efficaces pour piéger l'azote par rapport à d'autres plantes comme les crucifères ou les graminées. De plus, au début de leur installation, leur développement est plus lent. Afin de garantir une couverture rapide du sol et un piégeage maximum de l'azote, il est donc judicieux d'utiliser des mélanges.
- Lorsqu'on associe aux légumineuses des plantes plus rapides et plus agressives sur l'azote, ceci oblige les légumineuses à plus d'autonomie. Cela les contraints donc à augmenter leur activité fixatrice d'azote. La biomasse produite par le couvert est donc plus riche en azote ce qui se traduit par un captage d'azote plus important.
- Dans les associations, les légumineuses trouvent facilement leur place dans des mélanges de type *« biomax »*[3]. Dans ce type de mélange, on retrouve des tuteurs (féverole, tournesol, …), des plantes qui grimpent sur ces tuteurs (vesce, pois, …) et des espèces qui occupent la base du couvert (trèfle d'Alexandrie, …). Chaque plante participe donc à la biomasse sans trop concurrencer les espèces présentes dans ce mélange. Il y a donc une production supérieure par rapport à des espèces en pur.
- Quels que soient les conditions du milieu, on obtient une meilleure assurance de couverture du sol.
- La gestion du salissement est facilitée puisqu'il y a un maximum de niches écologique utilisé et on bénéficie du pouvoir allélopathique et étouffant de chaque espèce.
- Enfin, la biomasse produite par les légumineuses possède un C/N beaucoup plus faible que les autres espèces présentent dans les mélanges. Un tel rapport permet à la biomasse de rapidement restituer l'azote à la culture suivante par minéralisation du couvert. On limite donc les risques de faim d'azote pour la culture suivante en travaillant avec des mélanges.

(Thomas, 2009) (Minette, 2009)

[3] Mélange biomax : Ce sont des couverts végétaux multi-espèces qui vont permettre de produire un maximum de biomasse en encourageant un maximum de biodiversité dans le sol et à sa surface. (Thomas & Archambeaud, 2013)

Figure 15 : Mélange de type « *biomax* » (Greenotec, 2007)

Avec de tels arguments, on comprend mieux pourquoi il est judicieux d'implanter des mélanges de plusieurs espèces et non des espèces en pur.

Malgré ces avantages, beaucoup d'agriculteurs sèment des espèces pures ou des mélanges mal réfléchis pour plusieurs raisons. D'une part, il y a la législation et d'autre part, un aspect pratique :

La législation autorise l'incorporation de légumineuses dans les mélanges à raison de maximum 50% du poids des semences. Les agriculteurs n'utilisent donc pas des semences de légumineuses lourdes (féverole). Ce sont plutôt des espèces comme le trèfle d'Alexandrie qui sont utilisées vu leur poids de semences beaucoup plus faible. (Propos recueillis auprès de Monsieur Benoit Vandevoorde, agriculteur)

Pour l'aspect pratique, le mélange de graines de taille différente peut poser problème à certaines techniques de semis. Les agriculteurs qui sèment à la volée n'obtiennent pas de bons résultats avec des mélanges complexes tandis qu'avec de la moutarde ou de l'avoine en pure, ce type de semis, rapide et économique est possible. Il est donc préférable de semer ce type de mélange avec un semoir à céréales. De plus, il y a des graines qui ont besoin d'un semis profond et d'autres d'un semis superficiel. Il faut donc trouver une profondeur de semis moyenne et régulière pour que toutes les espèces arrivent à se développer. Malgré ces inconvénients, il est possible d'utiliser et de réussir des mélanges performants en intercultures courtes qui respectent les contraintes existantes notamment grâce aux semoirs modernes. (Propos recueillis auprès de Monsieur Benoit Vandevoorde, agriculteur)

5. Les intérêts des légumineuses dans les intercultures

Suite à dix années d'essais menés par ARVALIS, il ressort qu'introduire des légumineuses dans les intercultures offre beaucoup d'intérêts :

- Fixation symbiotique :

Les légumineuses accumulent beaucoup plus d'azote dans leur partie aérienne que les non-légumineuses. Ceci s'explique par le fait que ces plantes exploitent deux sources d'azote : l'azote de l'air et l'azote du sol. L'accumulation d'azote dans la plante est proportionnelle au niveau de biomasse atteinte.

- Fournir de l'azote à la culture suivante :

Le rapport C/N traduit la dynamique de minéralisation des résidus de couvert après destruction. Plus il est bas et plus l'azote va être restituée rapidement vu qu'il y a davantage d'azote présent dans les résidus du couvert. La minéralisation de ces résidus est donc accentuée. Les légumineuses possèdent un C/N d'environ 12,5, et celui des non-légumineuses est de plus ou moins 20,5. Pour ce qui est des mélanges, leur rapport carbone azote est intermédiaire. Les légumineuses profiteront donc énormément à la culture suivante au point de vue de la restitution en azote.

- Un vrai effet CIPAN :

Malgré que les légumineuses captent moins d'azote lessivable que les non-légumineuses, elles présentent un effet piège à nitrates significatif. En effet, en culture pure, elles arrivent à limiter la lixiviation des nitrates quand les risques sont faibles ou moyens. Les mélanges ont un effet piège à nitrates équivalent par rapport aux non-légumineuses pures. L'absorption racinaire par rapport à la fixation atmosphérique est privilégiée par les légumineuses quand le sol contient de l'azote minéral. Ceci explique donc bien pourquoi elles ont un effet CIPAN.

- Un effet fertilisant à deux composants :

L'effet fertilisant d'un engrais vert sur la culture suivante est composé en deux parties : la première se compose des reliquats à la sortie de l'hiver (RSH). Après cette mesure, il y a encore de l'azote organique contenue dans les résidus qui va se minéraliser pendant l'évolution de la culture mise en place. Cette quantité d'azote libérée va représenter la deuxième partie de l'effet fertilisant. Lorsqu'on additionne ces deux effets, on obtient l'effet fertilisant du couvert. Les couverts composés de légumineuses se démarquent sur ce point. En effet, cet effet fertilisant est plus élevé pour les intercultures composées de légumineuses comparé aux couverts composé de non-légumineuses.

- Attention aux effets RSH négatifs :

Il s'agit des couverts composés exclusivement de non-légumineuses. Cela se produit lorsque l'effet piège à nitrates entraine une immobilisation de l'azote du sol plus importante que les pertes par lixiviation. Ceci renforce l'importance d'incorporer des légumineuses dans les mélanges.

- Un cumul pluriannuel en faveur des légumineuses :

Sur plusieurs années, on va obtenir un cumul des effets fertilisants. Celui-ci va permettre d'améliorer l'autonomie des systèmes de cultures vis-à-vis de l'emploi des engrais de synthèse. Suite aux essais d'ARVALIS situé à Boigneville, on va observer un cumul nul pour les couverts composés de non-légumineuses. Par contre les mélanges obtiendront un cumul de 61 kg d'N/ha/an et les légumineuses pures seront de 151 kg d'N/ha. Attention, la loi interdit les couverts contenant 100 % de légumineuses.

(Cohan & Labreuche, 2015)

6. Risque aphanomycès

Aphanomycès euteiches est une maladie tellurique qui provoque une pourriture racinaire et qui est la plus préjudiciable pour la culture du pois. Il existe plusieurs hôtes du pathogène comme plusieurs espèces de légumineuses. Ces espèces présentent plusieurs niveaux de résistance. Elles peuvent donc être plus ou moins affectées par cette maladie. Pour multiplier l'inoculum dans le sol, il faut que les légumineuses soient sensibles. Cette multiplication peut se réaliser même en l'absence de symptômes sur les parties aériennes de la plante. Afin d'améliorer ou de préserver l'état sanitaire des sols, il est indispensable de différencier les espèces hôtes du pathogène ainsi que de connaître la sensibilité et la résistance de chaque espèce à la maladie. Pour ce qui est du pois, les niveaux de résistances sont directement évalués dès l'inscription des variétés.

Des études menées par l'UNIP[4] et l'INRA[5] ont déterminé les niveaux de résistances pour différentes légumineuses. Les résultats sont les suivants :

- La vesce commune présente des variétés sensibles (Bingo, Amethyste, Caribu, Safran, Savane, Barvicos et Granit), des partiellement résistantes (Cristal, Candy, Opale, Spinelle, Jade, Delphi, Platine) et des totalement résistantes (Nacre, Capucine, Michaëla, Melissa, Scarlett, Topaze, Marine, Malachite, Corail, Catarina, Caravelle).
- Pour ce qui est du trèfle, les études ont été menées sur le *Trifolium repens* et *Trifolium pratense*. Toutes les variétés de trèfle étudiées présentent globalement de très bons niveaux de résistances. Ceux-ci peuvent être assimilé à de la résistance totale.
- Le fenugrec semble résistant à la maladie.
- La gesse par contre est sensible à aphanomycès.

Pour lutter préventivement contre cette maladie, il est donc judicieux d'utiliser des variétés de légumineuses qui sont peu sensibles ou résistantes au pathogène.

(Moussart, Even, & Tivoli, 2011)

Néanmoins, les propos de chez VIVESCIA[6] nuancent le risque aphanomycès : Tout d'abord, la surface du pois de printemps représente une faible part dans nos régions. Ensuite, les légumineuses ne se trouvent jamais seules dans les couverts en interculture courte (la loi nous l'interdit). Enfin, d'après les expériences des agriculteurs, il n'y a pas de problème aphanomycès majeur observé depuis la pratique des couverts en interculture. Il ressort aussi d'une enquête réalisée par l'UNIP avec la participation de VIVESCIA que les parcelles sans labour ou en semis direct présentent un risque inférieure aux parcelles labourées. (Michel, 2016)

[4] L'interprofession des plantes riches en protéines
[5] Institut National de la Recherche Agronomique
[6] Groupe coopératif agricole et agroalimentaire, puissant et performant, maîtrisant les filières de l'assiette au champ, du consommateur au producteur, et répondant aux attentes des clients et de la société

7. Techniques de destruction des couverts

Afin de semer le froment d'hiver sans trop de difficultés après un couvert, il convient de détruire son couvert pour qu'il ne gêne pas lors du semis. Différentes techniques de destruction sont détaillées ci-dessous :

7.1. Destruction mécanique

Pour que les couverts deviennent sensibles à la destruction mécanique, il convient de produire un maximum de biomasse à la fin de l'été et à l'automne. Ils doivent donc être semé tôt et bien développés. Il est aussi important de choisir des plantes qui arrivent à la floraison au moment de la destruction (tournesol, sarrasin, nyger, …). Celles-ci investissent donc leur énergie dans la reproduction et non dans la production de végétation et d'organes de réserve. Elles deviennent donc plus sensibles à la destruction mécanique. (Thomas & Archambeaud, 2013)

7.1.1. Avec travail du sol

Ce type de méthode permet de combiner destruction et préparation du sol en un seul passage.

- <u>Travail superficiel</u> :

Ce travail est plus facile à réaliser avec des outils à disques. Un rouleau à l'arrière de l'outil à disque permet de maîtriser la profondeur de travail et achève la destruction. Par contre, avec des outils à dents, un volume de végétation important peut créer des problèmes de bourrage (on préfère un passage de broyeur avant ce type d'outil). Pour lutter contre ce problème, on peut éviter d'utiliser des espèces emmêlées comme le pois et la vesce. Ce type d'espèce posera peu de problèmes avec des outils à disques.

Figure 16 : Destruction de couvert par un outil à disque (Greenotec, 2015)

- Labour :

Le labour détruit facilement le couvert en enfouissant toute la végétation présente en surface. Mais la protection du sol contre l'érosion et la battance est supprimée. En outre, il faut éviter d'enfouir une quantité importante de biomasse verte dans le fond de la raie. Ceci crée une semelle organique en fermentation anaérobie qui gêne l'enracinement de la prochaine culture et est défavorable à la production d'humus. Pour éviter ceci, on peut réaliser une « prédigestion » du couvert en réalisant en surface un broyage, un mulchage ou un roulage avant le labour. (Thomas & Archambeaud, 2013)

Dans notre cas, nous préférons ne pas labourer pour garder une protection du sol en surface et éviter d'enfouir une grande quantité de biomasse dans le fond de la raie.

7.1.2. Sans travail du sol

La destruction sans travail du sol permet de stopper la végétation tout en conservant la protection du sol en surface par le couvert. Cette protection est d'autant plus forte que le couvert est assez ligneux. En effet, il va continuer à protéger le sol pendant l'hiver tout en se dégradant lentement. Au contraire, quand il s'agit de couverts jeunes ou composés d'une forte proportion de légumineuses, la protection du sol est moindre mais la restitution est plus élevée.

- Broyage :

Le broyage est souvent le mode de destruction le plus efficace. Mais il possède un inconvénient non négligeable. En effet, il est coûteux surtout lorsque les biomasses sont importantes.

- Roulage :

Il existe plusieurs types de rouleau pour détruire les engrais vert. On peut aller du plus simple (rouleau à barre) au plus complexe (rolofaca), étudié uniquement pour la destruction. Cette technique est la plus simple et la plus économique.

Figure 17 : Illustration d'un rolofaca (Eco-dyn, 2016)

Lorsqu'on utilise des rouleaux classiques (Cambridge, lisse, …), les résultats sont plus efficaces lorsqu'il gèle vu que les plantes sont déjà sensibilisées par les basses températures. Comme en interculture courte il est trop tôt pour bénéficier du gel, le bon développement du couvert est donc primordial pour augmenter l'efficacité de destruction.

Par contre, l'utilisation de rouleau type « rolofaca » permet d'agir sur végétation non gelée. Il est équipé de lames qui, en roulant, pincent la végétation à plusieurs endroits ce qui blesse la plante et la fait mourir. Une vitesse de travail élevée donne de très bons résultats.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

7.2. Destruction chimique

La destruction chimique est un moyen qui a été très largement utilisé pendant de nombreuses années. En effet, elle possède plusieurs avantages :

- Coût faible.
- Facilité d'utilisation.
- Préservation de la structure par un traitement sur une grande largeur de travail.
- Rapidité du traitement.
- Large spectre d'action qui détruit à la fois les couverts, les repousses et les adventices.

Malgré ces avantages, beaucoup d'agriculteurs cherchent des alternatives pour plusieurs raisons : Tout d'abord, la loi interdit de détruire chimiquement les intercultures lorsqu'elles sont en fleurs. Les possibilités d'utilisation de la destruction chimique se trouvent donc réduites. Ensuite, certains agriculteurs cherchent à réduire l'utilisation de produits phytopharmaceutiques. Ils cherchent donc des solutions alternatives comme la destruction mécanique. Enfin, les agriculteurs en agriculture biologique ne peuvent pas utiliser cette méthode.

(Thomas & Archambeaud, 2013)

8. Techniques de semis du froment

Plusieurs techniques de semis sont expliquées ci-dessous. Il s'agit uniquement des techniques utilisées dans les essais mis en place (voir partie pratique).

8.1. Semis direct à disque

Plusieurs types de semoir de semis direct existent. Nous allons ici nous intéresser au semoir « *Sky Easy Drill* ». Ce semoir peut s'utiliser pour le semis des couverts ou des cultures principales, sur sol travaillé ou non et dans des couverts détruits ou non. Il respecte la vie du sol en évitant des travaux profonds. Le semoir Sky Easy Drill est composé d'une roue frontale, d'un disque semeur et d'une roue plombeuse. Un report de charge hydraulique est conçu pour accentuer le poids soit sur la roue plombeuse, soit sur le disque semeur ou soit sur la roue frontale. En conditions humides, on accentue le poids sur la roue frontale pour éviter de plomber trop le sol. Par contre en conditions sèches, on accentue le poids sur la roue plombeuse pour permettre à l'humidité de remonter. (Guy, 2016)

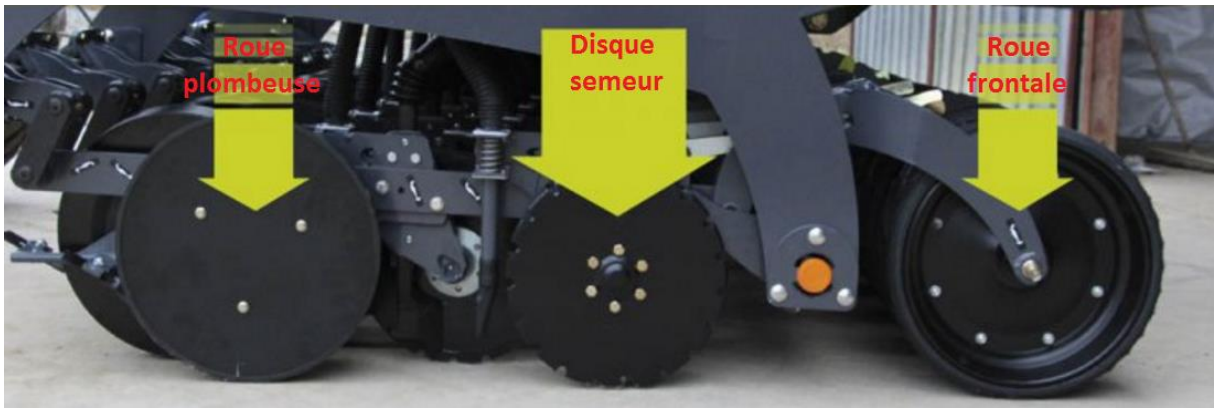


Figure 18 : Éléments de semis du semoir Sky Easy Drill (Guy, 2016)

8.2. Semis direct à dent

Ce type de semis trouve son originalité par un travail en bande et son mode de placement des graines. Tout d'abord, une dent de chisel (2) fend le sol sur 10 à 15 cm de profondeur. Ensuite, un soc à patte d'oie (3) soulève le sol superficiellement sur une largeur de 12 à 18 cm. Les graines sont placées directement après de part et d'autre de la fente à l'aide d'une double descente. Enfin, une palette (4) est placée entre chaque ligne. Celle-ci nivèle et referme la préparation. Le tout est maintenu à une profondeur de travail souhaitée par une roue de terrage (1). L'intérêt de cette technique de travail est de permettre un bon drainage de la parcelle et de favoriser l'enracinement des cultures. Grâce au travail localisé du semoir, les vers de terres ne sont pas dérangés de part et d'autre de la fente. De ce fait, le travail de structuration, d'aération, et de fertilisation est assuré par leur soin. De plus cette partie du sol continue à supporter les engins agricoles grâce à la portance du sol qui est conservée. Ce type de semis ne crée pas de lissage en dessous de la graine comparé à un semoir de semis direct à disque. Cet inconvénient est surtout remarqué dans les sols lourds. (Serpantié, 2012)

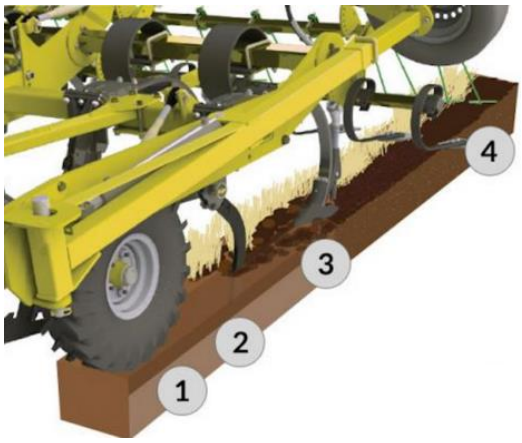


Figure 19 : Élément de semis du semoir Claydon (Herve, 2015)

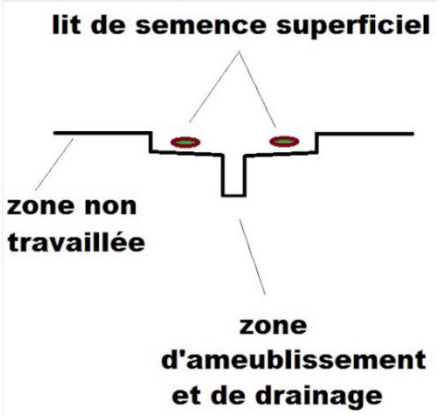


Figure 20 : Principe de mise en terre des graines à l'aide de l'élément semeur du semoir Claydon (Herve, 2015)

8.3. Semoir rapide

Ces types de semoirs sont conçus pour semer à de grandes vitesses. Le semoir Horsch Pronto est composé de plusieurs éléments : Premièrement, il comprend deux rangées de disques appelés *« DiscSystem »* qui ameublissent, nivellent et affinent la terre. Deuxièmement, un *« packer à pneus »* permet d'effectuer un ré-appui en profondeur et de préparer uniformément le passage de chaque élément semeur. Troisièmement, les éléments semeurs *« TurboDisc »* ont une capacité de débattement élevée ce qui permet de suivre précisément le sol et donc de positionner chaque graines à la position souhaitée. Quatrièmement, quatre amortisseurs en caoutchouc sont montés sur chaque élément semeur. Ceux-ci peuvent transmettre jusqu'à 120 kg de pression par élément. Ceci permet un semis sans heurt et même à une vitesse élevée. En dernier lieu, il est équipé d'une roue plombeuse qui maintient la profondeur de semis souhaitée et assure un contact terre/graine optimal. (Horsch, 2015)

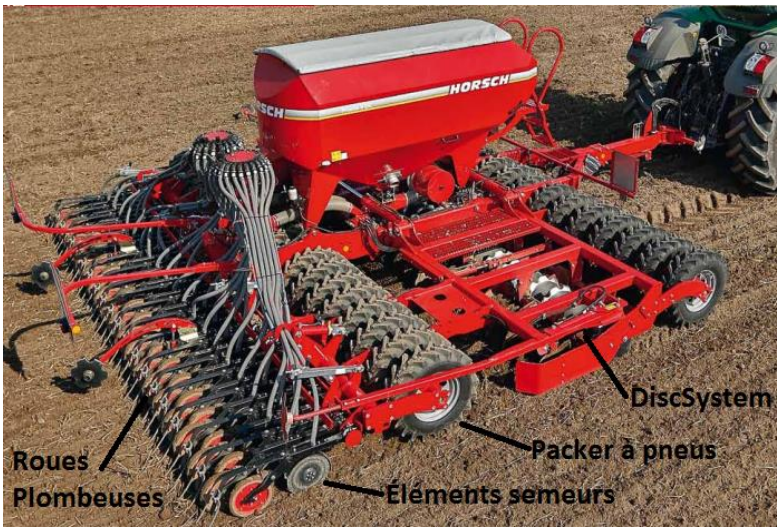


Figure 21 : Composition du semoir rapide Horsch Pronto (Horsch, 2015)

8.4. Combiné herse rotative et semoir à disque

C'est une technique que beaucoup d'agriculteurs utilisent. C'est une méthode qui nécessite plus de temps de travail que les trois précédentes. La vitesse d'avancement est plus faible (8 km/h). Le travail demande également plus d'énergie de traction vu que le tracteur doit actionner la herse rotative. Malgré ces inconvénient, son utilisation est encore bien généralisée dans les exploitations puisque ces machines sont polyvalentes et moins coûteuses par rapport à un semoir spécifique.

Figure 22 : Combiné herse rotative + semoir (Cloet, 2005)

9. Résultats d'essai réalisé dans les années antérieurs

9.1. Résultats des profils azotés pour l'essai FDH13

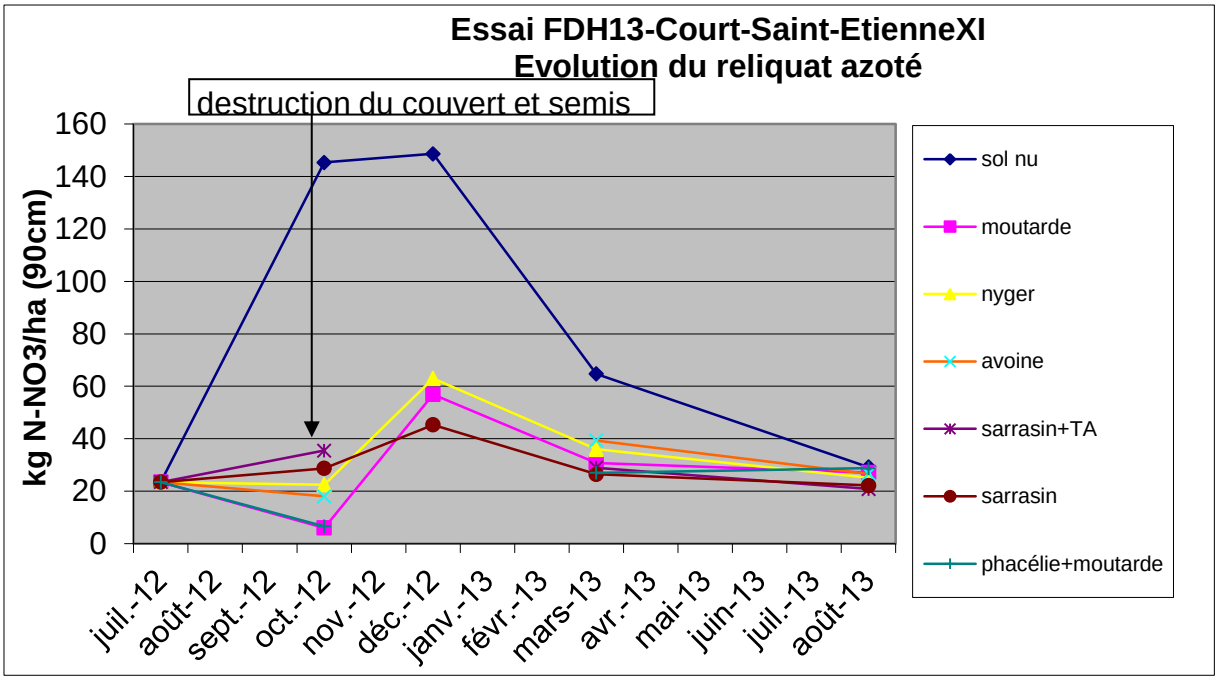


Figure 23 : Résultats des profils azotés de l'essai FDH13 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013)

À la récolte du pois de conserverie, on retrouve peu d'azote dans le profil. Lors du mois de septembre, les intercultures les plus efficaces pour capter l'azote du profil sont la moutarde et le mélange moutarde/phacélie. Après la destruction des couverts, la moutarde et le nyger sont les modalités qui ont libéré la plus grosse quantité d'azote. Dans une vue générale, toutes les intercultures testées ont très bien joué leur rôle de piège à nitrates.

9.2. Résultats de biomasses pour les essais FDH13 et FDH14

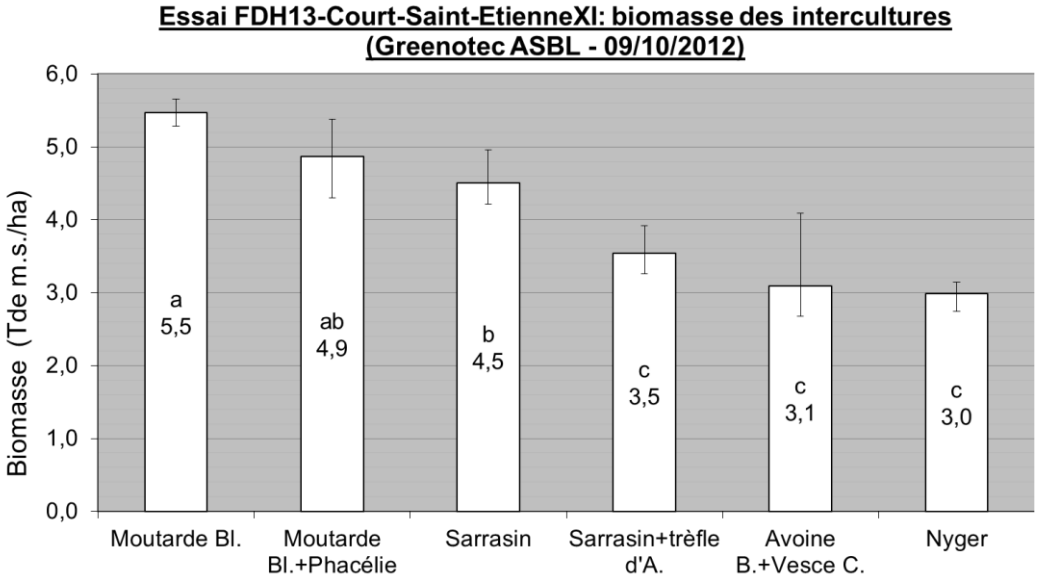


Figure 24 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai de 2013 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013)

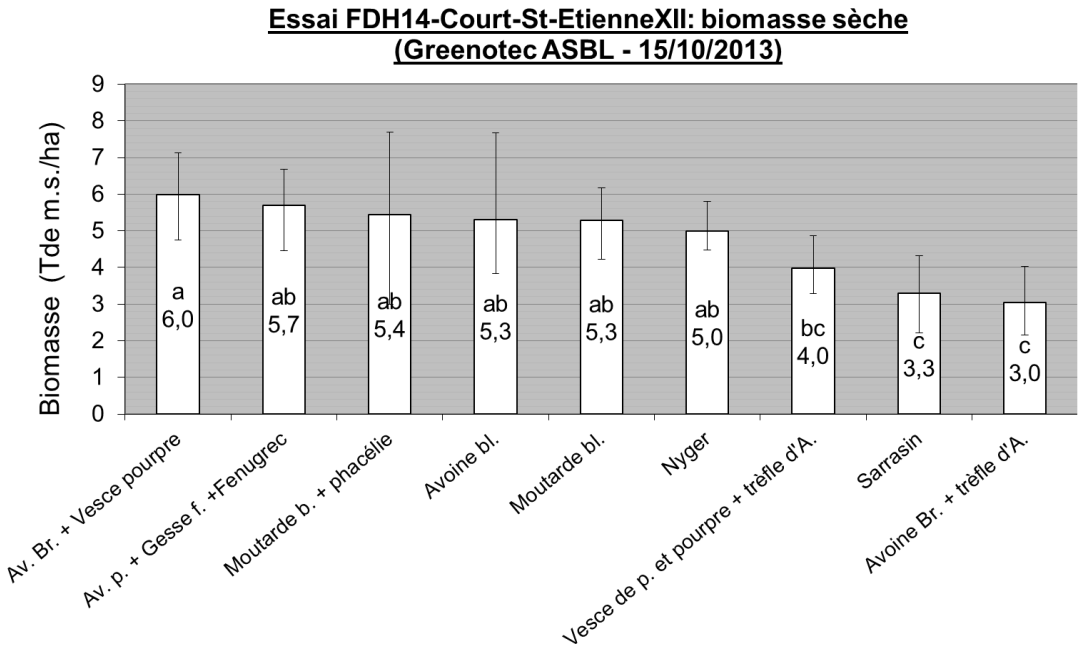


Figure 25 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai de 2014 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2014-2015)

Tout d'abord, les espèces qui confirment, sur deux années de résultats, en production de biomasse sont la moutarde blanche et le mélange moutarde-phacélie. Ce sont donc des mélanges qui sont assez stables en production de biomasse. Par contre, le couvert de sarrasin en pur ne donne pas des résultats comparables sur les deux années. On observe une bonne production de biomasse en 2013 et une chute de production en 2014. Ceci peut peut-être s'expliquer par des conditions sèches en 2014.

Pour le couvert de nyger, une faible production de matière sèche est constatée en 2013 et une très bonne production en 2014 est observée. Ceci s'explique par le fait qu'un problème technique est survenu au semis en 2013. Ce problème a donc contraint à faire un re-semis deux semaines après le premier ce qui a ainsi pénalisé son rendement. Le nyger confirme donc son potentiel à produire beaucoup de biomasse.

Enfin, les résultats des mélanges comprenant de l'avoine et des légumineuses sont assez satisfaisants. Durant les essais de 2013, le mélange avoine blanche et vesce commune possède une production faible (3,1 T/ha). Ceci s'explique par le fait que la vesce a été mangée par les oiseaux. Pour les essais de 2014, le mélange avoine brésilienne + vesce pourpre et avoine de printemps + gesse + fenugrec produisent beaucoup plus de biomasse (6 et 5,7 T/ha). Par contre, cette même année, le mélange composé d'avoine brésilienne et de trèfle d'Alexandrie ne produit que 3 T de matière sèche par hectare. Dans l'ensemble, les mélanges composés d'avoine et de légumineuses donne de bons résultats.

9.3. Résultats des rendements du froment pour les essais FDH13 et FDH14

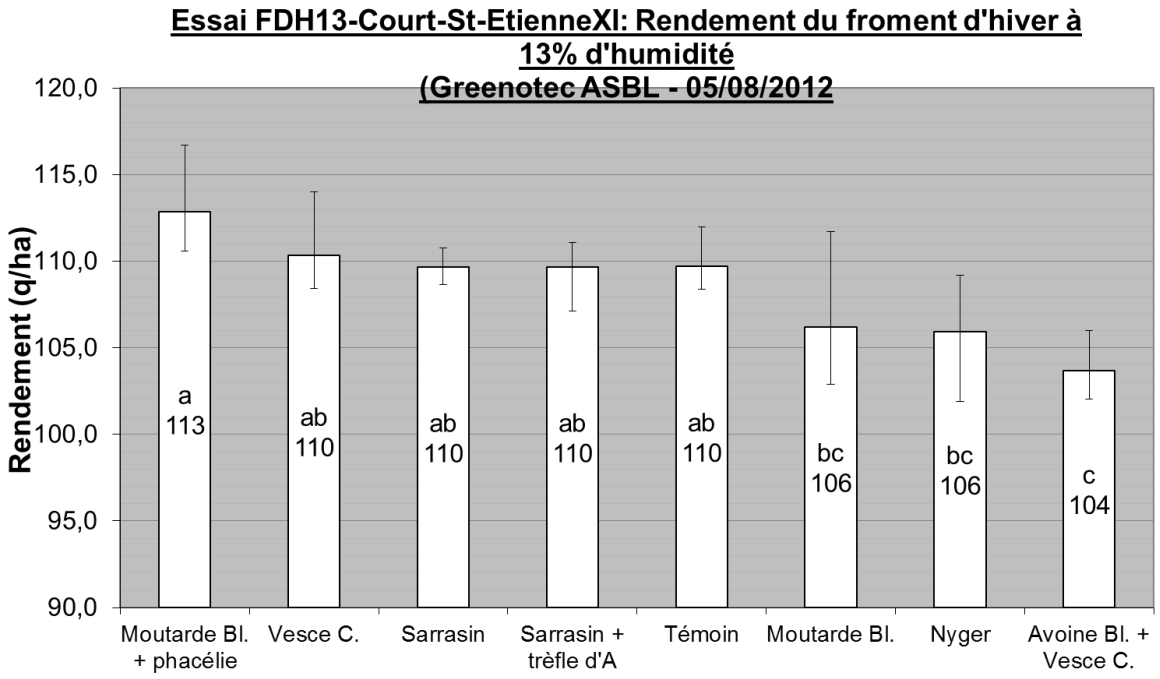


Figure 26 : Rendement du froment semé après les intercultures courtes de l'essai de 2013 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2012-2013)

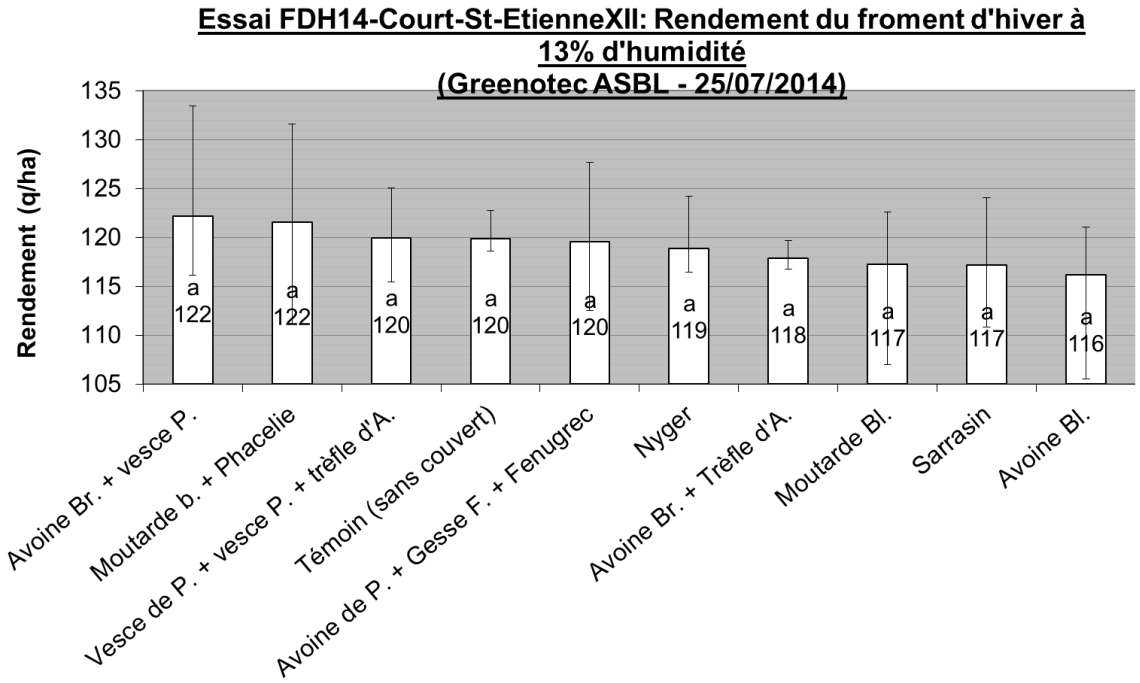


Figure 27 : Rendement du froment semé après les intercultures courtes de l'essai de 2014 (Merchier, De Toffoli, & Imbrecht, 2014-2015)

Sur les deux années d'essais, le mélange moutarde blanche + phacélie se distingue légèrement par rapport au témoin (sol nu). Malgré cela, il n'existe aucune différence statistique entre ce mélange et la parcelle témoin et ceci pour les deux années d'essai. En 2014, aucune différence de rendement n'est statistiquement positive entre les différentes modalités. Par contre lors des essais de 2013, trois groupes homogènes sont observé. La modalité ayant obtenu le meilleur rendement est le mélange composé de moutarde et de phacélie. La modalité ayant donné le rendement le plus bas est celle composée d'avoine blanche et de vesce commune. Néanmoins, tous les rendements obtenus sont acceptable. En effet, ils sont tous supérieurs à cent quintaux. Le manque d'écart de rendement entre les intercultures testées et la parcelle témoin peut s'expliquer par le fait que l'agriculteur, chez qui on met en place les essais, a toujours implanté des engrais verts dès que possible. La parcelle « témoin » possède donc déjà un bon antécédent cultural. Ceci peu expliqué en partie ce manque de différence.

9.1. Conclusion et perspective des deux années d'essai

Grâce aux résultats de suivis de l'azote dans le sol, réalisé de la récolte du pois de conserverie jusqu'à la récolte du froment, nous avons pu évaluer l'efficacité des différents couverts testés. Cet essai avait pour objectif d'éviter la lixiviation des nitrates libéré par la culture du pois de conserverie et de valorisé au mieux ces nitrates pour la culture suivante. Cet objectif été atteint en partie grâce à cet essai.

De nombreuses questions restent encore en suspens. Celles-ci concernent l'optimisation de la valorisation des reliquats azotés de la culture du pois de conserverie pour le froment d'hiver. La continuité de cet essai servira sans doute d'avoir une meilleure idée des mécanismes qui entrent en jeu dans le recyclage de l'azote par le couvert et de sa restitution pour le froment d'hiver. Quel que soit les modalités testées, les rendements du froment d'hiver sont très satisfaisant. On peut simplement signaler que l'avoine semble avoir un effet négatif sur le rendement du froment. Inversement, le mélange moutarde blanche-phacélie a impacté positivement le rendement. Ces constatations n'ont aucune valeur statistique vu que aucune différence n'a pu être décelée.

Partie pratique

III. Objectifs

Mon stage arrive dans la continuité des essais réalisés auparavant. Il portera sur le traitement des données de l'essai réalisé sur l'année culturale 2014-2015 et sur les données provenant de mon propre essai mis en place avec mon maître de stage et réalisé sur la saison culturale 2015-2016.

L'objectif de ces essais est de distinguer des couverts toujours plus performants en matière de fixation d'azote et d'auto fertilité des sols. Pour cela, des cultures intermédiaires en mélange avec des légumineuses sont testées. Ce travail, cherchera également à confirmer la capacité d'immobilisation du reliquat azoté par les légumineuses.

L'essai de cette année comportera une modalité supplémentaire par rapport aux années antérieures. Celle-ci consiste à la mise en place d'un essai fertilisation. Sur cet essai, plusieurs fertilisations vont être testées afin de voir si le type d'engrais vert a un impact sur les besoins de fertilisation azotée du froment.

IV. Matériel et méthodes

1. Les parcelles expérimentales

Les deux essais ont été réalisés sur deux années culturales différentes (2014-2015 et 2015-2016). Les deux parcelles se situent en région wallonne, dans la province du Brabant wallon et plus précisément à Court-Saint-Étienne (Voir Figure 28). Elles se trouvent donc dans la région agricole sablo-limoneuse.

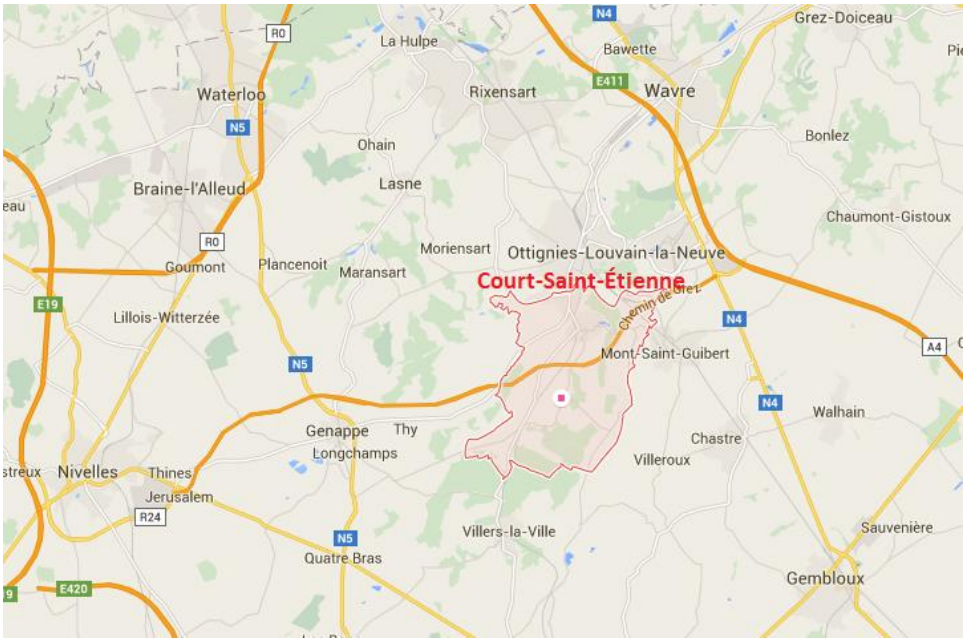


Figure 28 : Situation des parcelles expérimentales (Google maps, 2016)

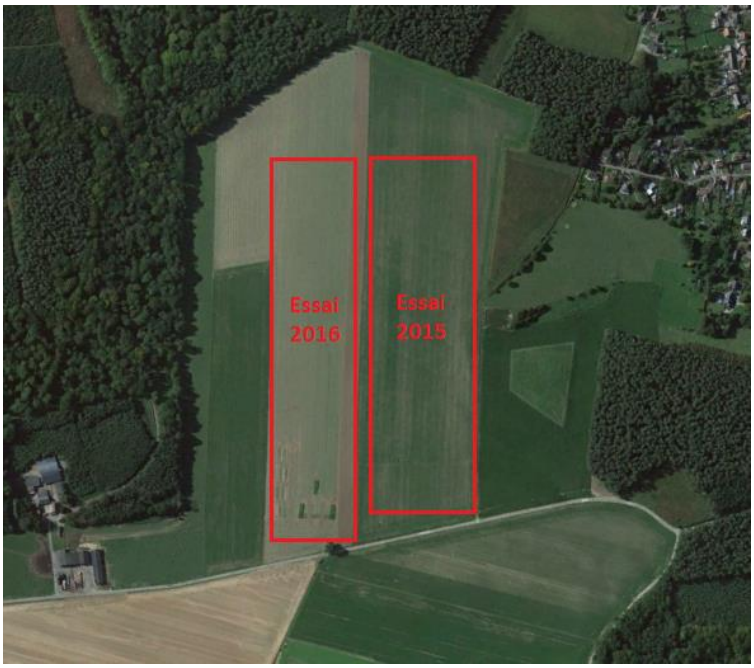


Figure 29 : Localisation des deux essais (Google maps, 2016)

1.1. Topographie et type de sol

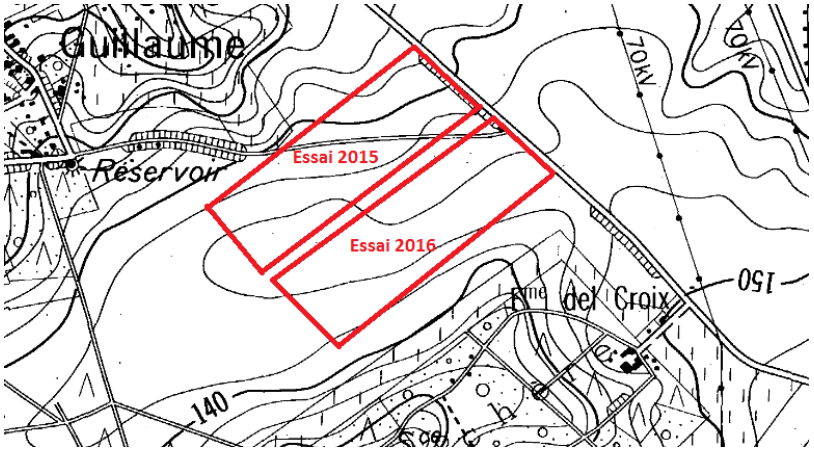


Figure 30 : Topographie des parcelles des essais (extrait de la carte topographique n°40-5 à l'échelle 1/10.000 - IGN, année indéterminée)

Les terrains où se situent les essais possèdent une pente faible. Les essais se situent à une altitude moyenne de 140 mètre.

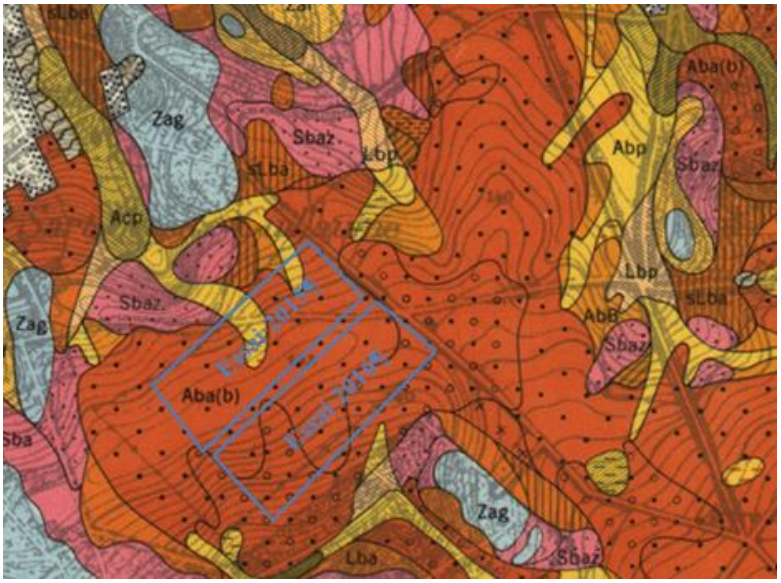


Figure 31 : Caractéristiques pédologiques des deux parcelles de Court-Saint-Étienne (extrait de la carte pédologique n°130W à l'échelle 1/25.000 - CECSVB, année indéterminée)

Selon la carte pédologique, les deux parcelles possèdent une texture limoneuse, un drainage favorable avec un horizon B textural. Selon l'agriculteur les parcelles sont homogènes.

Une analyse chimique et granulométrique de la terre a également été réalisée. Selon ces analyses, ces sols sont des limons fins. Les teneurs en éléments nutritif sont également très bonnes. Le taux d'humus est de 2,9%.

Les analyses de sol chimique et granulométrique se trouvent respectivement en annexe 1 et 2.

1.2. Itinéraire technique

1.2.1. Essai FDH15 (Froment D'Hiver 2015)

Tableau 1 : Itinéraire technique de la parcelle de l'essai FDH15

Date	Opération	Description/Produit commercial	Dose/Ha	Nature
12/07/2014	Récolte des pois de conserverie			
15/07/2014	Récolte des fanes			
17/07/2014	Préparation du lit de semence	Lemken Smaragd 8 cm		
17/07/2014	Semis des Couverts d'interculture Courte	Herve rotative + Semoir en ligne à disque		
01/10/2014	Broyage des couverts			
03/10/2014	Préparation du lit de semence			
04/10/2014	Semis du froment d'hiver	Variété Edgar 140kg/ha		
02/11/2014	Traitement phytosanitaire (sauf dans le semis direct)	Bacara	1 l/ha	Herbicide
24/11/2014	Traitement phytosanitaire	Lambda stefes	1 l/ha	Insecticide
09/02/2015	Traitement phytosanitaire (que dans le semis direct)	Atlantis	0.350 l/ha	Herbicide
		Actirob	1 l/ha	Additif
19/03/2015	Apport d'azote	50 unités sulfazote	227 kg/ha	Engrais
10/04/2015	Traitement phytosanitaire	Stabilan	1 l/ha	Régulateur de croissance
		modus	0,11 l/ha	Régulateur de croissance
20/04/2015	Apport d'azote	60 unités sulfazote (N 22% - SO_3 7.5%)	272 kg/ha	Engrais
04/05/2015	Apport d'azote	57 unités sulfazote (N 22% - SO_3 7.5%)	259 kg/ha	Engrais
05/05/2015	Traitement phytosanitaire	Rubric	0,35 l/ha	Fongicide
		Pugil	0,5 l/ha	Fongicide
		Epsotop	1,1 kg/ha	Engrais folliaire
23/05/2015	Traitement phytosanitaire	cériax	0,9 l/ha	Fongicide
03/08/2015	Moisson du froment	Récolté par la société redebel avec une moissonneuse expérimentale		

1.2.2. Essai FDH16 (Froment D'Hiver 2016)

Tableau 2 : Itinéraire technique de la parcelle de l'essai FDH16

Date	Opération	Description/Produit commercial	Dose/Ha	Nature
11/07/2015	Récolte des pois de conserverie			
14/07/2015	Récolte des fanes			
22/07/2015	Semis des Couverts d'interculture Courte	Herve rotative + Semoir en ligne à disque		
31/09/2015	Broyage des couverts			
04/10/2014	Semis du froment d'hiver	Variété Edgar 140kg/ha		
27/10/2015	Traitement phytosanitaire	Bacara	1 l/ha	Herbicide
15/03/2016	Traitement phytosanitaire	Atlantis	0,350 kg/ha	Herbicide
		Actirob	1 l/ha	Additif
		Sulfate d'ammoniaque	1 kg	Additif
20/03/2016	Apport d'azote	50 unités sulfazote	227 kg/ha	Engrais
01/04/2016	Traitement phytosanitaire	Cycocel	1 l/ha	Régulateur de croissance
		lambda	0,1 l/ha	Insecticide
08/04/2016	Apport d'azote	60 unités sulfazote (N 22% - SO_3 7.5%)	272 kg/ha	Engrais
16/04/2016	Traitement phytosanitaire	Cycocel	1l/ha	Régulateur de croissance
		Pugil	0,3l/ha	Fongicide
		Rubric	0,4l/ha	Fongicide
03/05/2016	Apport d'azote	50 unités solution azotée (N 39%)	166 kg/ha	Engrais
08/05/2016	Traitement phytosanitaire	Rubric	0,3 l/ha	Fongicide
		Pugil	1 l/ha	Fongicide
24/05/2016	Apport d'azote	36 unités N27%	133kg/ha	Engrais
01/06/2016	Traitement phytosanitaire	Aviator	0,8 l/ha	Fongicide
		Symbiose	0,2 l/ha	Fongicide
		Epsotop	1,8 kg/ha	Sulfate de magnésie
19/06/2016	Traitement phytosanitaire	Tébusip	0,6 l/ha	Fongicide
		Epsotop	2,1 kg/ha	Sulfate de magnésie
03/08/2015	Moisson du froment	Récolté par la société redebel avec une moissonneuse expérimentale		

1.3. Illustration des outils utilisés pour les essais FDH15 et FDH16

Figure 32 : Déchaumeur à disque (Disc Roller)

Figure 33 : Charrue express Perrein

Figure 34 : Semoir Horsch Pronto

Figure 35 : Semoir de semis direct à dent (Claydon)

Figure 36 : Semoir de semis direct à disque (Sky Easy Drill)

Figure 37 : Déchaumeur à dent (Smaragd)

Figure 38 : combiné de semis (rotative + semoir)

Figure 39 : Broyeur

Figure 40 : Semoir de semis direct (Séméato)

1.4. Illustration des couverts implantés dans l'essai FDH15

Figure 41 : Modalité n°2 : Moutarde blanche

Figure 42 : Modalité n°3 : Nyger

Figure 43 : Modalité n°4 : Avoine blanche

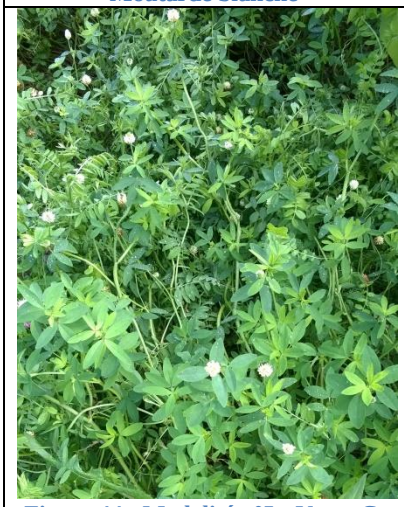


Figure 44 : Modalité n°5 : Vesce C. + vesce P. + trèfle d'A.

Figure 45 : Modalité n°6 : Avoine brésilienne + Trèfle d'A.

Figure 46 : Modalité n°7 : Sarrasin

Figure 47 : Modalité n°8 : Moutarde + phacélie

Figure 48 : Modalité n°8 : Avoine Brésilienne + vesce pourpre

Figure 49 : Modalité n°10 : Avoine de Printemps + gesse + fenugrec

1.5. Illustration des couverts implanté dans l'essai FDH16

Figure 50 : Modalité moutarde + phacélie + nyger + tournesol + vesce commune

Figure 51 : Modalité moutarde + phacélie

Figure 52 : Modalité Avoine Brésilienne + trèfle d'Alexandrie

Figure 53 : Modalité Avoine blanche + vesce commune

2. Dispositif expérimentaux

2.1. Essai couverture de sol et destruction FDH15

L'essai réalisé sur l'année culturale 2014-2015 se nomme FDH15. Celui-ci comprend un essai couverture de sol et un essai destruction (Voir Figure 54).

Dans l'essai couverture de sol, 10 modalités d'engrais vert (en mélange ou en pur) sont testés (Voir Tableau 3). Ces modalités sont disposées en quatre répétitions dans des blocs différents. Chaque ligne et chaque colonne de cet essai contiennent chaque fois des modalités différentes. Ceci permet de tester statistiquement les différentes modalités en évitant toute interaction.

L'essai destruction comporte quatre bandes d'une longueur de plus ou moins 200 mètres et d'une largeur de 8 mètres. Quatre modalités différentes de destruction du couvert et de semis du froment sont testées dans les quatre bandes.

Tableau 3 : Description des modalités de l'essai FDH15

Numéro	Objet	Dose semis (kg/ha)	Description
1		Témoin	sol nu
2	M	8	Moutarde blanche
3	N	11	Nyger
4	A	100	Avoine blanche
5	VC+TA	40	Vesce Commune+Vesce pourpre+Trèfle d'Alexendrie
6	AvBr+TA	20+10	Avoine brésilienne+trèfle d'Alexandrie
7	S	27	Sarrasin
8	M+P	1+4	Moutarde+phacélie
9	A+VP	80+20	Avoine brésilienne+vesce pourpre
10	A+G+F	70+30+20	Avoine de printemps+gesse+fénugrec

Figure 54 : Plan de l'essai FDH15

2.2. Essai FDH16

L'essai réalisé sur l'année culturale 2015-2016 se nomme FDH16. Celui-ci comprend un essai couverture de sol/fertilisation (Voir Figure 55) et un essai destruction (Voir Figure 56).

L'essai couverture de sol est composé de trois mélanges d'engrais vert. Ils sont implantés avec quatre répétions comme dans l'essai de l'année précédente (FDH15). La nouveauté dans cet essai est l'application de trois fertilisations différentes (0, 100 et 150 Unités d'azote). Ces trois fertilisation sont intégrées dans l'essai couverture de sol et sont donc réalisées avec quatre répétions.

Dans l'essai destruction, 7 modalités différentes de destruction des couverts et de semis du froment sont testées avec la présence de deux répétitions. Pour chaque modalité de destruction, trois mélanges de couverts différents sont également testés. Ceux-ci sont implantés perpendiculairement par rapport au sens des modalités de destruction.

De plus, une modalité comprend le semis direct du couvert et le semis direct du froment. Elle est nommée 100% semis direct. Tous les autres couverts sont implantés à l'aide d'une rotative et d'un semoir conventionnel à disque.

2.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

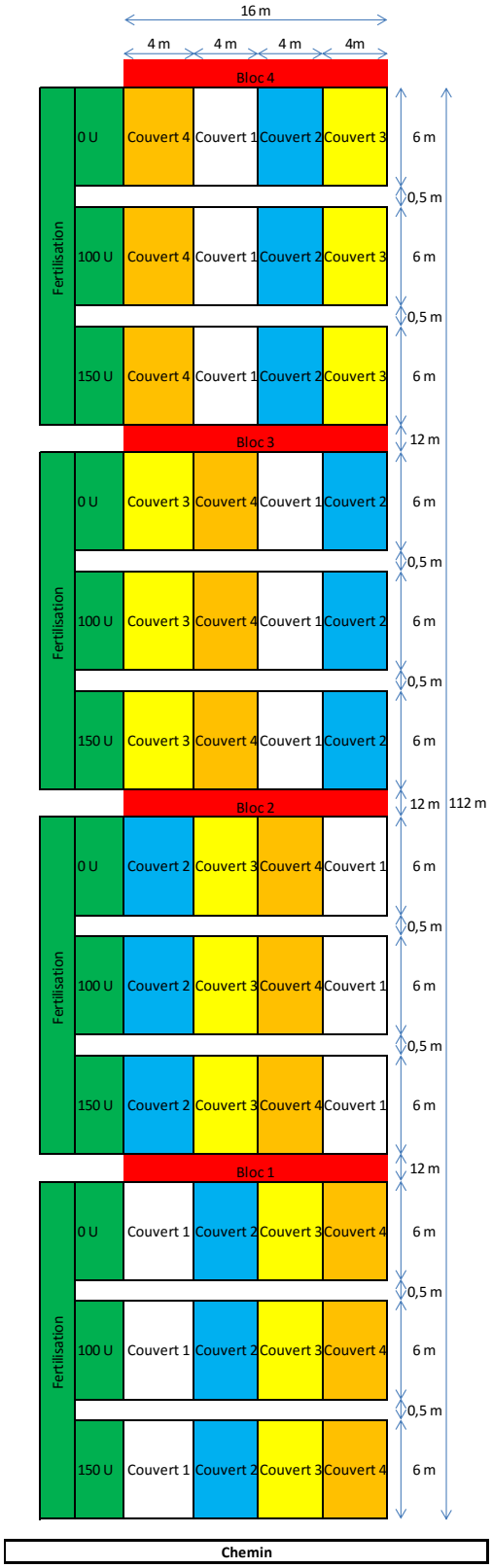


Figure 55 : Plan de l'essai fertilisation FDH16

Tableau 4 : Description des modalités de l'essai FDH16

N°	Objet	Dose semis (kg/ha)	Description
1		Témoin	sol nu
2	AvBr+TA	20+10	Avoine brésilienne+trèfle d'Alexandrie
3	M+P	1+4	Moutarde+phacélie
4	A+VC	100	Avoine blanche+vesce commune

2.2.2. Essai destruction

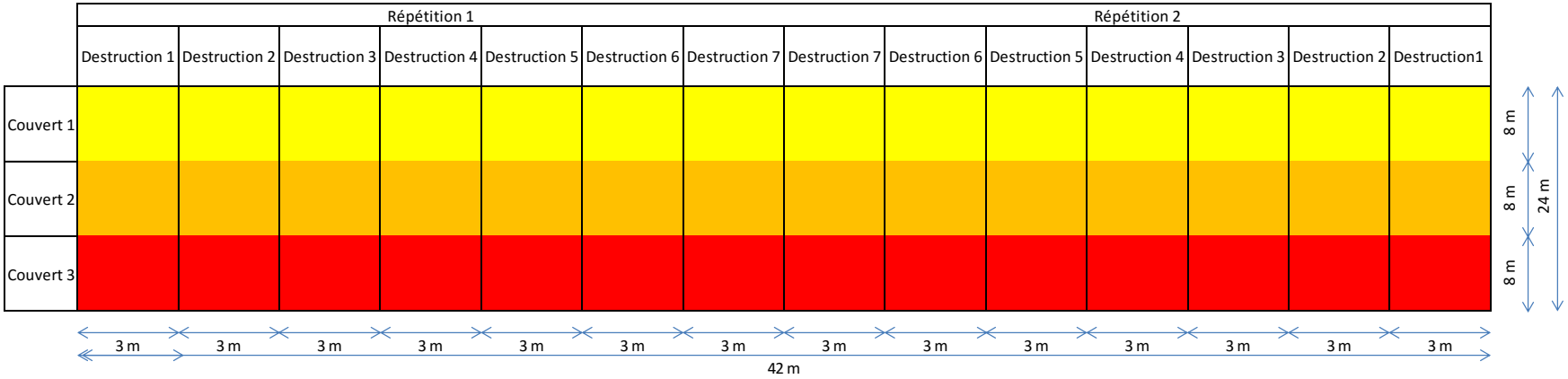


Figure 56 : Plan de l'essai destruction FDH16

Tableau 5 : Description des modalités de couverture de sol pour l'essai destruction FDH16

N°	Dose semis (kg/ha)	Description
Couvert 1	1+3+4+5+13	Moutarde+phacélie+nyger+tournesol+vesce commune
Couvert 2	2+4	Moutarde+phacélie
Couvert 3	20+10	Avoine brésilienne+trèfle d'Alexandrie

Tableau 6 : Description des modalités de destruction pour l'essai destruction FDH16

N°	Type de destruction/semis	Densité de semis (kg/ha)	Date de semis
Destruction 1	Rouleau barres + SD à disques	157	13/10/2015
Destruction 2	SD à disques	157	13/10/2015
Destruction 3	Broyeur + SD à dent	145	13/10/2015
Destruction 4	Broyeur + déchaumage à dent + rotative	145	13/10/2015
Destruction 5	Déchaumeur à disque + Horsh Pronto	145	12/10/2015
Destruction 6	Broyeur + charrue express perrein + rotative	145	13/10/2015
Destruction 7	Broyeur + rotative	145	13/10/2015

3. Mesures réalisées

3.1. Biomasse

La biomasse des couverts a été prélevée à l'aide d'une machine expérimentale qui récolte les parties aériennes de l'engrais vert et qui pèse ensuite la biomasse récoltée. Connaissant la surface de récolte, on sait déterminer la quantité de biomasse fraiche par m². Une fois la biomasse pesée, un échantillon de cette biomasse est coupé à l'aide d'une sonde (Voir Figure 58) et est placé dans des sachets micro-perforé. Ces sachets ont ensuite été placés dans une étuve à 90°C pendant 2 jours. La matière sèche des couverts a été déterminée une fois que les échantillons de biomasse étaient bien séchés. Attention, la biomasse récoltée par la machine doit ensuite bien être redistribuée manuellement sur toute la surface de récolte pour obtenir une surface d'essai homogène.

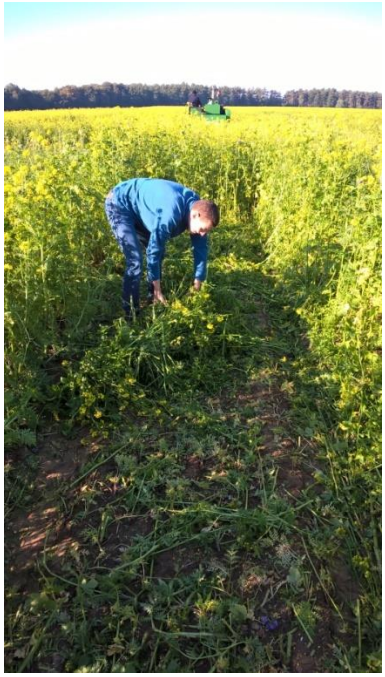


Figure 57 : Redistribution manuelle de la biomasse sur la surface récoltée (Greenotec, 2015)

Figure 58 : Sonde permettant de réaliser les échantillons de biomasse fraiche (Cloet, 2016)

3.2. Comptage des levées du froment

Ce comptage a pour but d'obtenir le nombre de grains levés. En effet, entre le semis et la levée du froment, il y a des pertes dans les levées. Il est donc intéressant de savoir la population de pieds de froment que nous avons au début de la culture. Pour réaliser ce comptage, un carré en plastique de 0,25 m² (Voir Figure 59) est placé sur le sol et les plants qui sont à l'intérieur de ce carré sont dénombrés. Ce comptage a été réalisé le 12/07/16 en trois répétitions sur chaque modalité.

3.3. Comptage d'épis

Afin de connaitre le nombre de talles montées en épis par plant de froment, un comptage des épis est réalisé à l'aide d'un carré en plastique, comme pour le comptage des levées. Celui-ci a été réalisé le 12/07/16 en deux répétions sur chaque modalités.

Figure 59 : Carré en plastique de 0,25 m² utilisé pour le comptage des levées et le comptage des épis

3.4. Azote

Les prélèvements d'azote sont réalisés en trois répétitions et à trois horizons différents (0-30cm, 30-60cm et 60-90cm). Ces prélèvements ont été réalisés de deux manières différentes en fonction des conditions climatiques. Lorsqu'il a fait sec (fin septembre-début octobre), le sondage a été réalisé à l'aide d'une sonde hydraulique attachée à un tracteur (Voir Figure 60). Lorsqu'il a fait un peu plus humide (début mars), les prélèvements ont été réalisés manuellement avec une sonde.

Au total, 5 mesures d'azotes seront réalisées sur l'essai. Les trois premières auront pour but de mesurer les reliquats d'azote minéral, la quatrième correspondra à un profil azoté de printemps et la dernière sera un profil azoté d'été.

- Reliquats d'azote minéral et APL (Azote Potentiellement Lessivable) :

La première mesure est faite à la récolte du pois. Elle aura pour but de déterminer la quantité d'azote disponible directement pour la croissance de l'engrais vert implanté. La seconde mesure est réalisée à la destruction des couverts. On obtiendra donc le reliquat azoté en fin d'interculture courte et en début de la période d'APL. La dernière mesure est prise en fin de la période d'APL c'est-à-dire durant le mois de décembre. Elle va nous informer sur la quantité d'azote potentiellement lessivable présente lorsque le froment consomme peu et évolue peu.

- Profil azoté de printemps :

Une mesure a été réalisée en fin d'hiver durant le mois de mars. C'est cette quantité d'azote qui va permettre au froment d'avoir une bonne reprise de végétation au printemps.

- Profil azoté d'été :

La dernière mesure est réalisée quelques semaines après la récolte du froment. L'objectif est de suivre l'évolution de la matière organique produite par le couvert à moyen terme.

Durant l'essai FDH15, cette mesure n'a pas pu être réalisée puisqu'il faisait beaucoup trop sec pour réaliser le sondage.

Figure 60 : Sonde hydraulique attelée à un tracteur (Greenotec, 2015)

3.4.1. Mode opératoire pour déterminer les teneurs en azote des échantillons

Une fois tous les prélèvements réalisés, ils vont être analysés en laboratoire. Premièrement, l'échantillon de sol va être tamisé pour obtenir un échantillon homogène (Voir Figure 61). Deuxièmement, des pesées vont être réalisées pour déterminer la teneur en matière sèche du sol. Troisièmement, des pesées pour l'extraction vont devoir être réalisées. Ainsi, 60g de terre sont placés dans un pot de 500ml. Enfin, l'extraction des nitrates pourra se déroulée : Pour ce faire, 150ml de KCl 0.5 N sont à verser par pot de 500ml (contenant les 60g de terre) et ceux-ci sont à agiter pendant quelques secondes. Ensuite, ces pots sont agités pendant 30 minutes à l'aide d'une barate (Voir Figure 62). Une fois agité, le mélange est filtré sur des filtres plissés et on récupère le jus filtré (Voir Figure 63). Ce jus filtré est envoyé aux laboratoires de Michamps pour doser l'azote qu'il contient. Attention, l'échantillon doit être mis au congélateur pour qu'il n'évolue pas. De même, un prélèvement de terre peut être maintenu au maximum 72 heures en chambre froide (4-5°C) sous peine de voir évoluer les nitrates dans l'échantillon.

Figure 61 : Tamisage de l'échantillon de sol (Cloet, 2016)

Figure 62 : Agitation des pots à l'aide d'une baratte (Cloet, 2016)

Figure 63 : Filtration du mélange et récupération du jus filtré (Cloet, 2016)

3.5. Rendements et qualité technologique des grains

Les rendements du froment d'hiver ont été déterminés à l'aide d'une moissonneuse batteuse expérimentale. Le travail est réalisé par la S.A. Redebel. Une fois l'essai récolté et pesé, des analyses sont réalisées par cette société en vue de déterminer les qualités technologiques du grain (poids spécifique, humidité du grain, PMG, …).

Figure 64 : Moissonneuse batteuse expérimentale de la S.A. Redebel (Greenotec, 2015)

V. Traitement des données

1. Biomasses des intercultures courtes

1.1. Essai FDH15

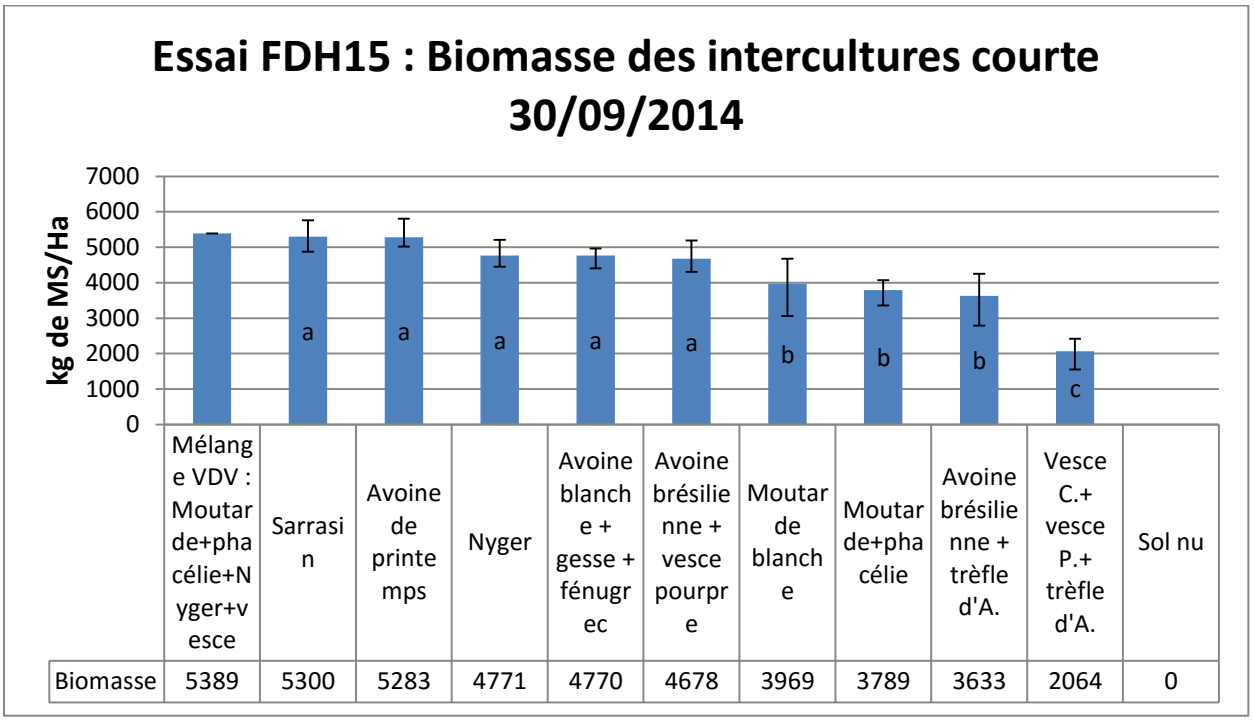


Figure 65 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai FDH15

Une analyse de la variance ($\alpha = 0,05$) a montré des différences statistiques entre les résultats (a, b, c sur la Figure 65). Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Ce graphique nous montre la biomasse produite par chaque interculture courte durant l'essai FDH15. Nous constatons que les couverts ont produit, dans la plupart des cas, beaucoup de biomasse (entre 3,6t et 5,3t). Seul le mélange composé de vesce commune, de vesce pourpre et de trèfle d'Alexandrie a produit peu de biomasse (2t). Les prélèvements de biomasse ont été réalisés en quatre répétitions. Seul le mélange implanté par l'agriculteur (mélange VDV) ne fait l'objet d'aucune répétition. Il n'y a eu qu'un seul prélèvement pour ce mélange.

1.2. Essai FDH16

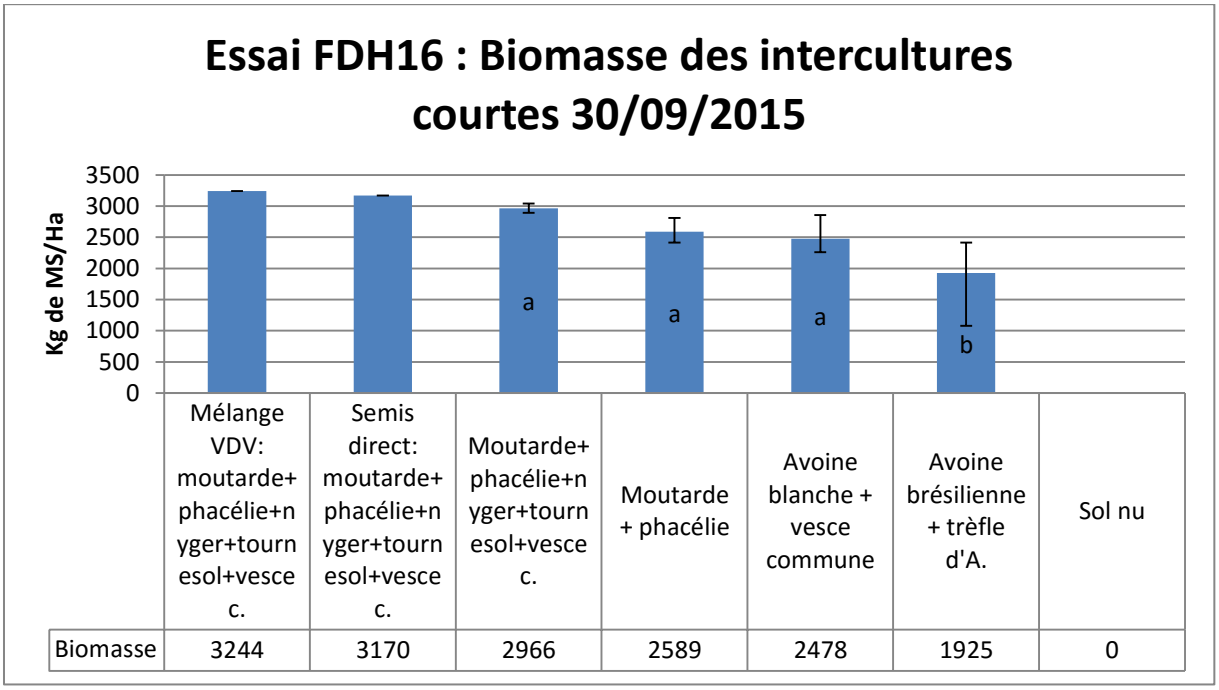


Figure 66 : Biomasse des intercultures courtes de l'essai FDH16

Une analyse de la variance ($\alpha = 0,05$) a montré des différences statistiques entre les résultats. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Durant l'essai FDH16, les biomasses produites sont moins élevées que l'essai de l'année avant. Ceci s'explique par une date de semis des couverts moins précoce que l'année précédente. En effet, lors de la récolte des pois de conserverie, il faisait très sec. Nous avons dû attendre qu'il fasse plus humide pour semer les intercultures. Pour cet essai, les prises de biomasses sont également réalisées en quatre répétitions. Pour la modalité en semis direct et le mélange de l'agriculteur (mélange VDV) aucunes répétions n'a été réalisée. Sur ce graphique, nous pouvons constater que le mélange semé en semis direct possède une production de biomasse élevée par rapport aux autres mélanges. De plus, le même mélange, qui est semé en semis direct, est également semé de manière conventionnelle (rotative + semoir). On constate un écart de production de 200 kg entre ces deux techniques de semis. Pour ce qui est des autres mélanges, leur production est moindre. Le couvert avoine brésilienne. + trèfle d'Alexandrie est le moins productif. Les deux couverts composés d'avoine blanche + vesce commune et de moutarde + phacélie ont une production assez semblable (2500 kg de MS).

Comparaison des deux années d'essai :

On constate que le mélange complexe implanté durant l'essai FDH16 (moutarde, phacélie, nyger, tournesol et vesce c.) possède une régularité en production sur la même année. En effet, l'écart de production entre les 4 répétitions est très faible. Par contre, les couverts semés en pur et les mélanges simples qui sont implantés durant les deux années d'essais possèdent des écarts de production plus élevés.

Nous pouvons aussi constater que pour ces deux années d'essai, le mélange complexe semé par l'agriculteur est chaque fois en tête de production. Des mélanges complexes assurent donc une production plus régulière sur la même année mais assurent aussi une production en biomasse élevée d'année en année.

2. Comptage des levées du froment

2.1. Essai FDH15

2.1.1. Essai couverture de sol

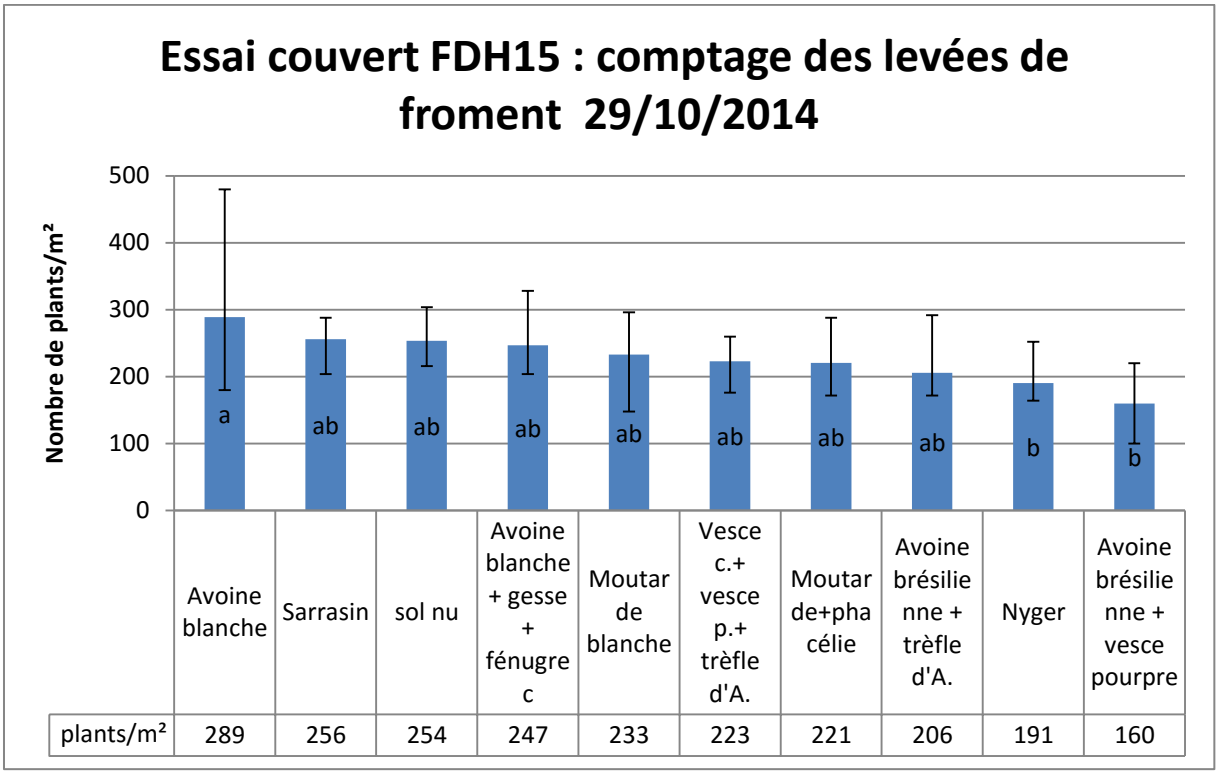


Figure 67 : Comptage des levées de froment pour l'essai couvert FDH15

Une analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$) a montré des différences statistiques entre les résultats. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Sur ce graphique, on observe le nombre de grains de froment levé en fonction du type de couvert implanté. Le minimum est obtenu avec le couvert composé d'avoine brésilienne et de vesce commune. Par contre, les comptages de levée réalisés après l'avoine blanche sont assez élevés. Ceci s'explique par des repousses d'avoine dans la culture du froment (le couvert d'avoine étant en semence lors de sa destruction). Le comptage est donc rendu difficile et erroné. Les autres couverts nous donnent des résultats de levée satisfaisant. Sur la parcelle témoin (sol nu), les levées sont très bonnes. Seule la parcelle couverte avec du sarrasin dépasse légèrement la parcelle témoin.

2.1.2. Essai destruction

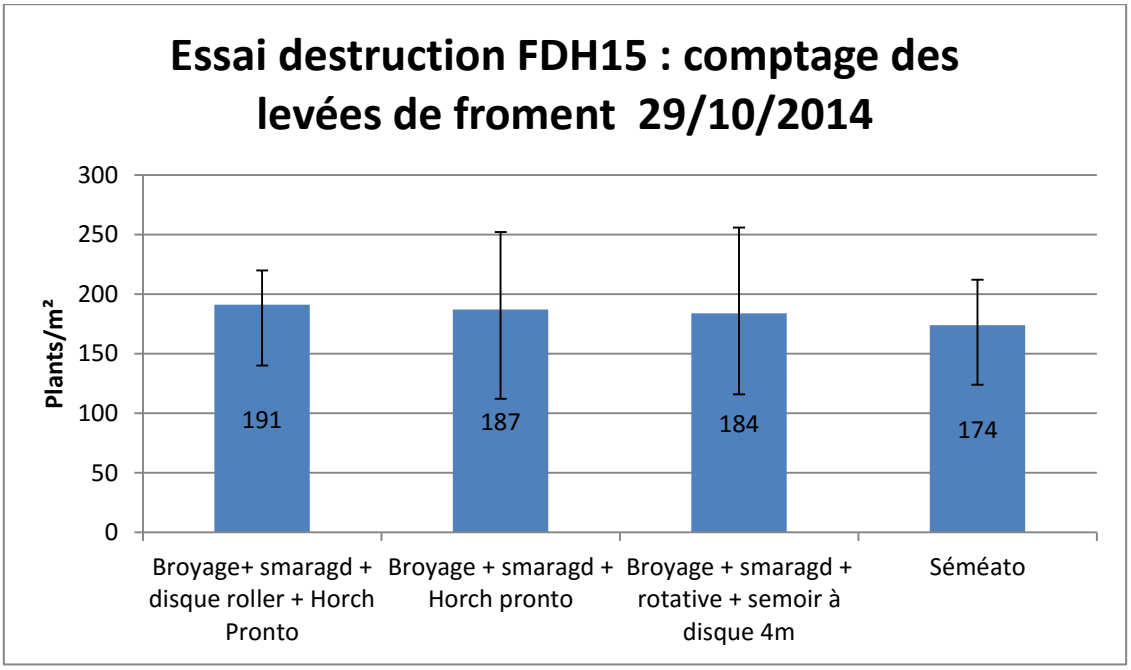


Figure 68 : Comptage des levées de froment pour l'essai destruction FDH15

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

Il est toutefois intéressant d'analyser les levées de froment après différents types de destruction des couverts et de semis de froment. Malgré l'absence de différence statistique entre les résultats, on remarque que le semis direct, réalisé à l'aide du semoir « Séméato », est la modalité où les levées sont les moins bonnes, malgré une densité de semis légèrement plus élevée. Par contre, la modalité broyage + Smaragd + disque roller + Horsch Pronto offre les meilleurs résultats. De plus, l'écart entre les répétions de comptage semble moins élevé que les autres modalités.

2.2. Essai FDH16

2.2.1. Essai couverture de sol

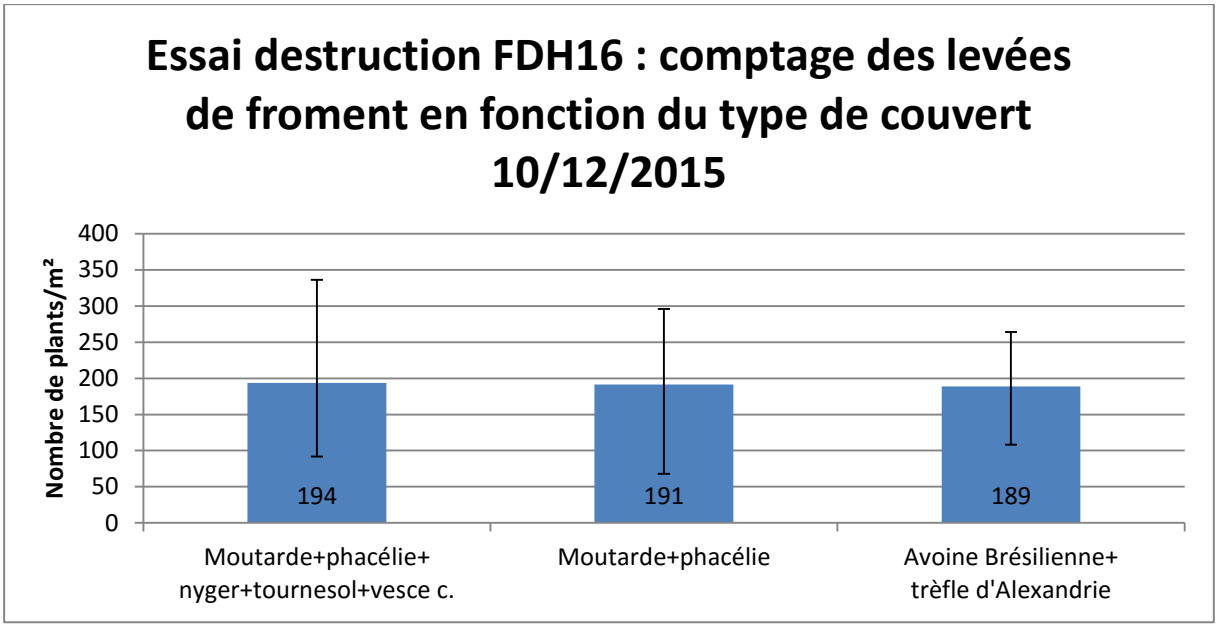


Figure 69 : Comptage des levées de froment en fonction du type de couvert pour l'essai destruction FDH16

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

Malgré l'absence de différences statistiques, le mélange complexe (composé de moutarde, phacélie, nyger, tournesol, et vesce C.) semble obtenir des levées supérieures aux deux autres mélanges simples. Néanmoins, la variabilité entre les répétitions de comptage est fortement élevée, surtout pour le mélange complexe. Cette variabilité élevée s'explique par le fait que les comptages pris en compte englobent toutes les modalités de destruction et de semis différents.

2.2.2. Essai destruction

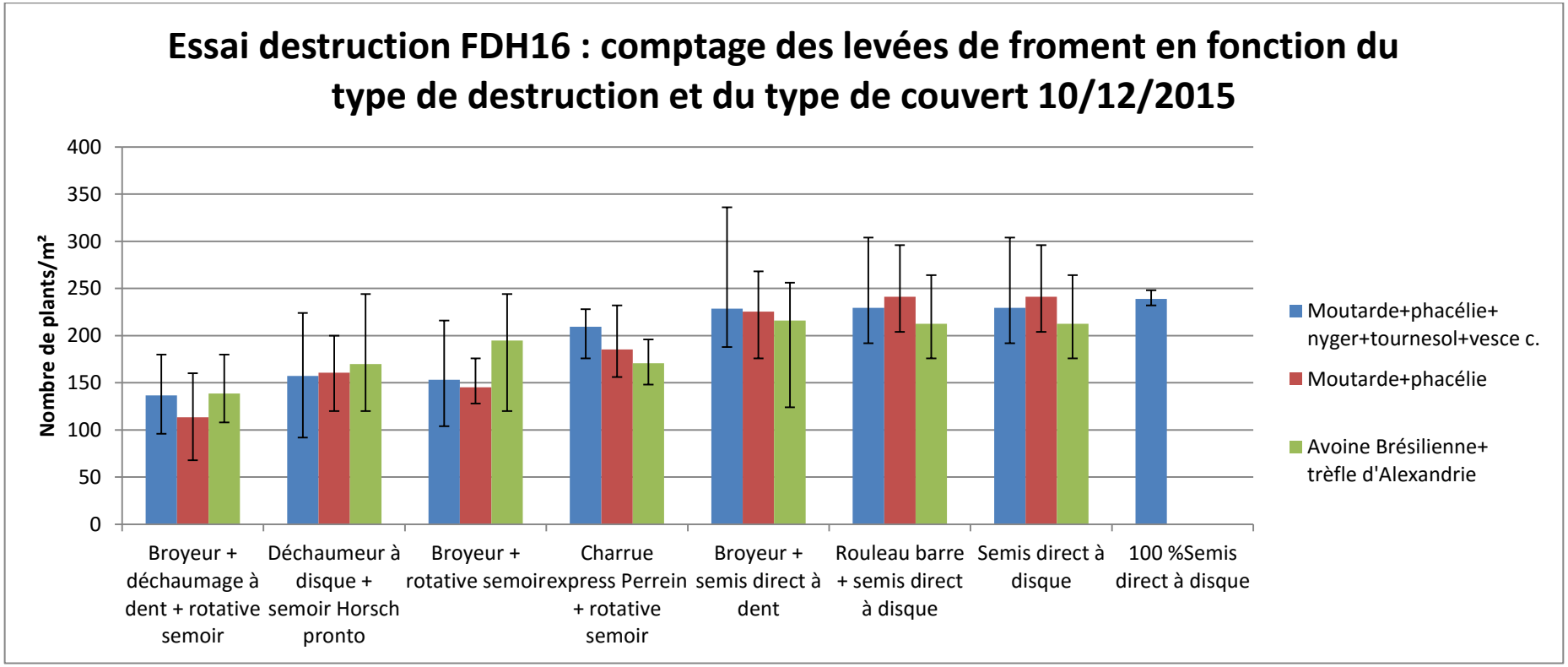


Figure 70 : Comptage des levées de froment en fonction du type de destruction et du type de couvert pour l'essai destruction FDH16

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

Analyse des levées par rapport au mode de destruction et de semis :

Pour la modalité 100% semis direct à disque, (semoir Sky Easy Drill), on remarque que les levées de froment sont très régulières. En effet, la variabilité dans les répétitions de comptage est très faible.

Les résultats de levées pour les modalités de semis direct à disque et à dent (semis direct juste pour le semis de froment) sont comparables entre eux. Par contre, la variabilité entre les comptages est beaucoup plus élevée comparé au 100% semis direct.

Les autres modalités comprenant un travail de sol, possèdent des résultats inférieurs aux modalités en semis direct. Néanmoins, la variabilité entre les comptages est aussi élevée.

Analyse des levées par rapport au type de couvert :

Le couvert composé d'avoine Brésilienne et de trèfle d'Alexandrie semble en moyenne moins favorable à la levée du froment pour certaines modalités. Ceci pour les 3 modalités en semis direct et celle avec la charrue express Perrein. Pour les autres modalités de destruction, ce type de couvert semble bénéfique à la levée du froment.

Les deux autres types de couvert semblent bénéfiques au semis direct et au passage de la charrue express Perrein. Par contre les levées sont légèrement réduites pour les autres modalités de destruction.

3. Mesures d'azote

3.1. Essai FDH15

3.1.1. Essai couverture de sol

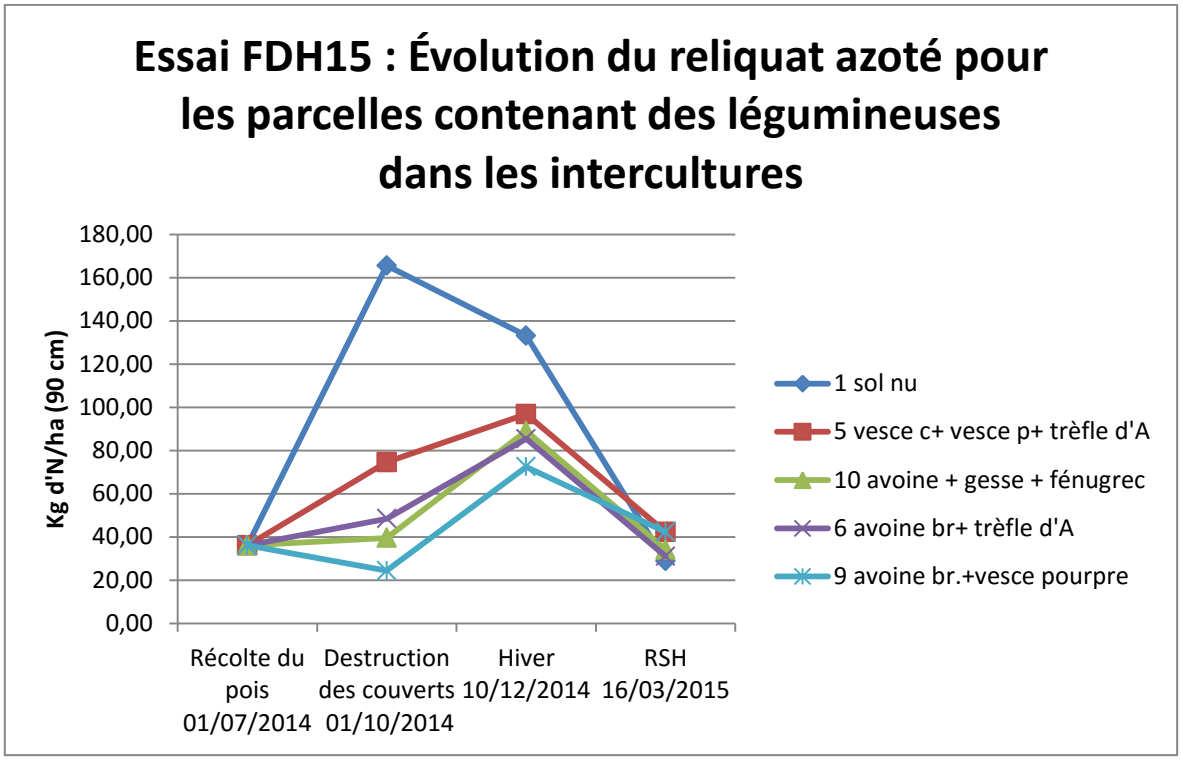


Figure 71 : Évolution du reliquat azoté pour l'essai FDH15

Contrairement à ce que l'on peut penser, le mélange ne contenant que des légumineuses joue également un rôle de piège à nitrates. En effet, à la destruction du couvert, ce type de mélange a capté plus ou moins 80 unités d'azote. On remarque aussi que ce type de mélange se minéralise très bien après sa destruction.

Les mélanges contenant de l'avoine et des légumineuses captent plus d'azote que le mélange précédent (100% légumineuses). En effet, ils captent en moyenne 120 unités d'azote, soit 40 unités de plus qu'un mélange 100% légumineuses. La minéralisation de ce type de mélange après sa destruction est également très bonne.

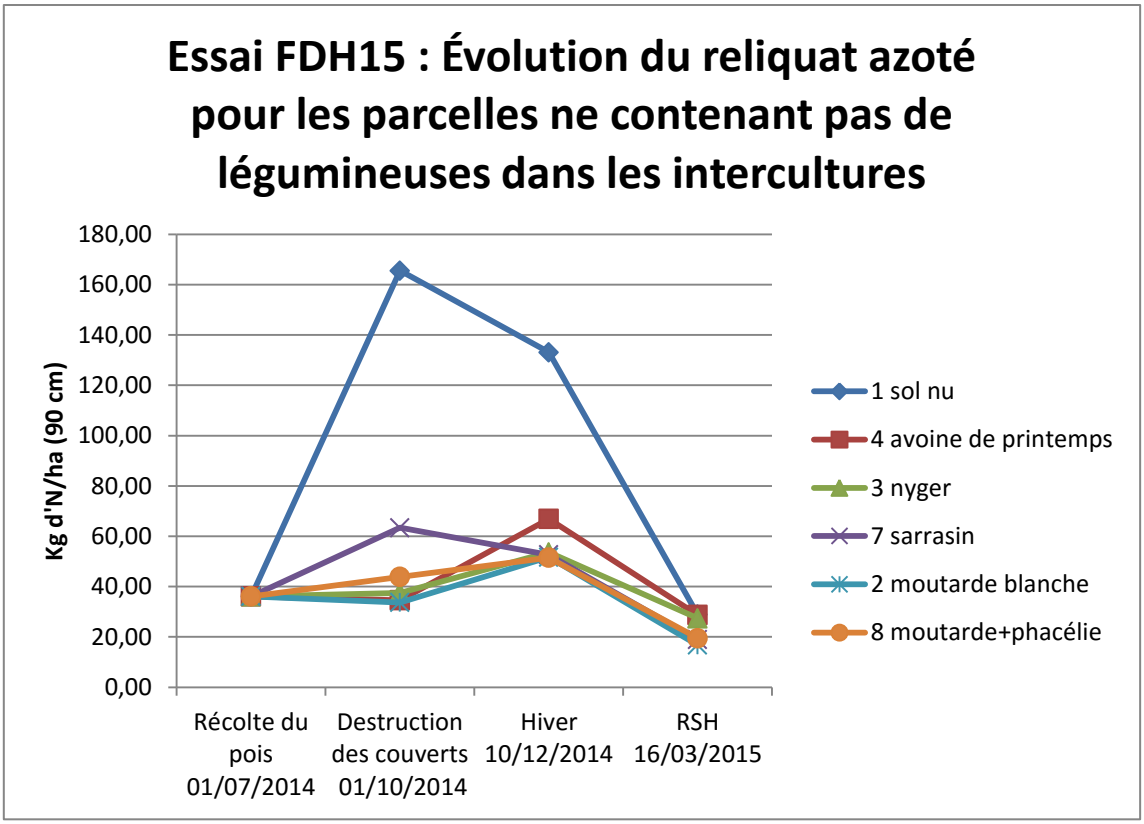


Figure 72 : Évolution du reliquat azoté pour l'essai FDH15

Les espèces pures ou en mélange ne contenant pas de légumineuses, captent autant d'azote que des mélanges composé d'avoine et de légumineuses. Seul le couvert composé de sarrasin est moins efficace que les autres mais il offre tout de même des résultats satisfaisant. Par contre, la minéralisation de ce type de couvert est moins efficace. En effet, un peu moins de 20 unités d'azote sont restituées au sol entre le mois d'octobre et le mois de décembre.

3.1.2. Essai destruction

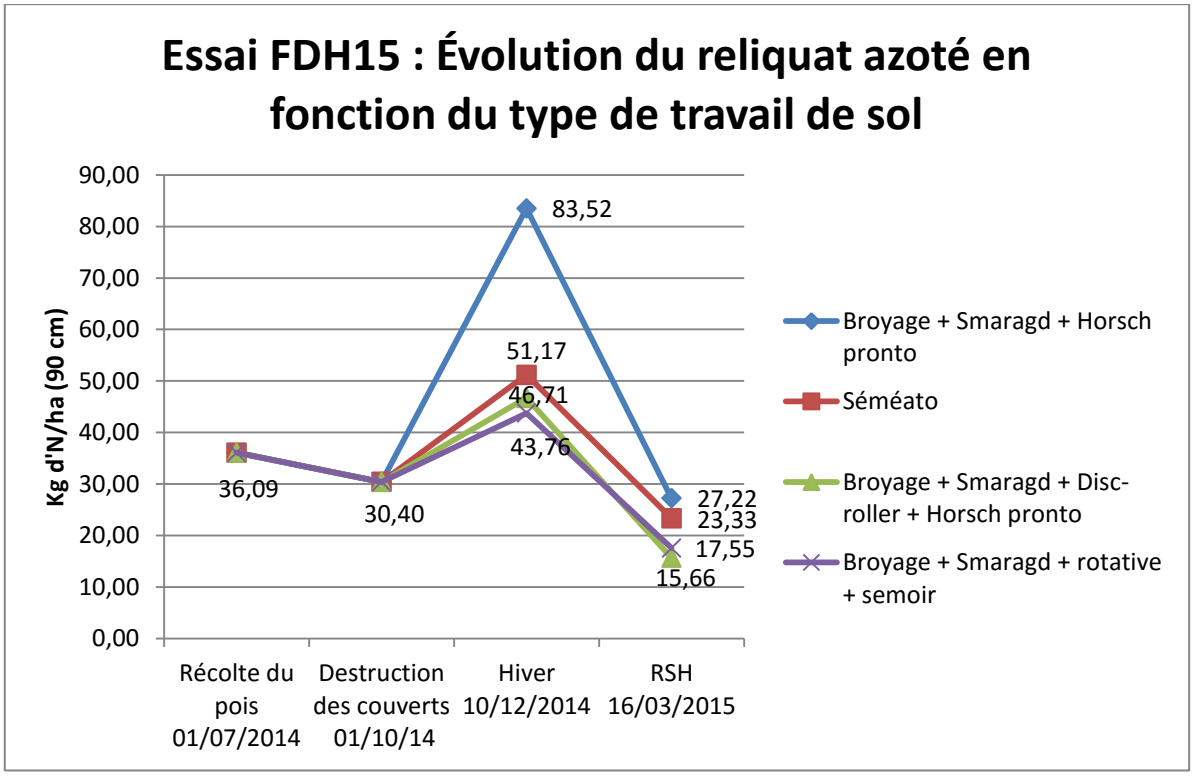


Figure 73 : Évolution du reliquat azoté en fonction du type de travail de sol pour l'essai FDH15

On remarque sur ce graphique que la modalité broyage + Smarag + Horsch Pronto permet une forte minéralisation du couvert pendant l'hiver. Par contre, la même modalité comprenant un passage de disc roller supplémentaire offre des résultats de minéralisation nettement moindre. Il est possible que le semoir Horsch Pronto laisse un sol plus aéré favorisant la minéralisation des résidus.

Le semis direct à l'aide du semoir Séméato donne des teneurs en azote supérieur aux 2 dernières modalités. Logiquement, on devrait observer le contraire puisque les résidus, derrière un semis direct, ne sont pas hachés et se minéralisent donc plus lentement. De plus les 2 dernières modalités sont composées d'un broyage. Celui-ci devrait accentuer la minéralisation du couvert.

3.2. Essai FDH16

3.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

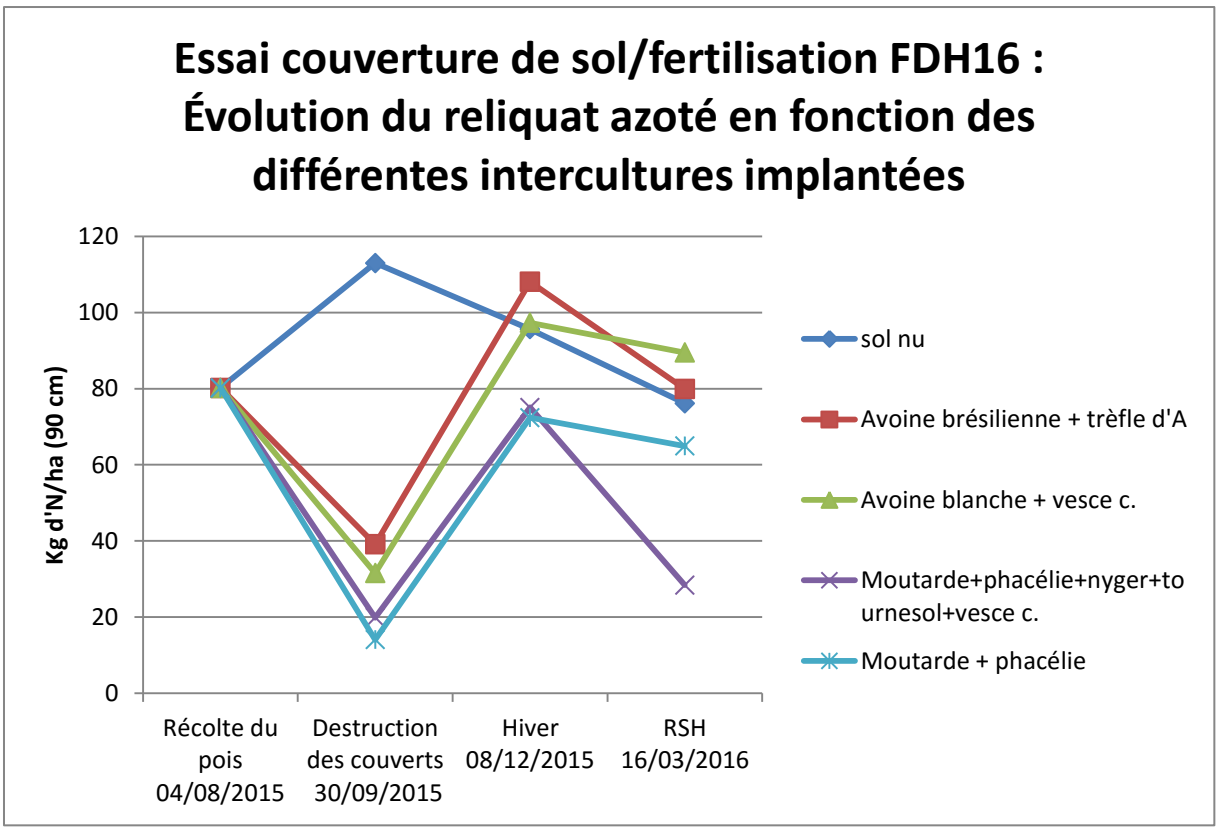


Figure 74 : Évolution du reliquat azoté en fonction des différentes intercultures implantées pour l'essai couvert/fertilisation FDH16

Sur ce graphique, on observe que les couverts implantés ont capté jusqu'à environ un maximum de 100 unités d'azote. Les 2 couverts composés d'avoine et de légumineuse ont capté moins d'azote que le couvert composé de moutarde et de phacélie. Ceci peut s'expliquer par la faculté des légumineuses à capter l'azote de l'air. Par contre, la minéralisation des 2 premiers couverts est plus élevée que pour les couverts moutarde + phacélie et Moutarde + Phacélie + nyger + tournesol + Vesce commune. Ceci est logique puisque ces mélanges sont composés de moutarde. En effet ce type de plante diminue le pouvoir de minéralisation du mélange lorsque son stade de développement est avancé.

Le mélange complexe épuise fortement le profil azoté au printemps. Ceci peut s'expliquer par le fait que le couvert pompe de l'azote dans le sol pour se dégrader. En effet ce mélange comprend peu de légumineuses. Il faut donc faire attention au phénomène de faim d'azote.

On remarque également que la quantité d'azote libéré après les couverts composés d'avoine et de légumineuses est supérieure à la modalité sol nu. Ces 2 couverts restituent donc une grosse partie de l'azote qu'ils ont capté. Ceci n'est pas le cas pour le couvert composé de moutarde et de phacélie.

3.2.2. Essai destruction

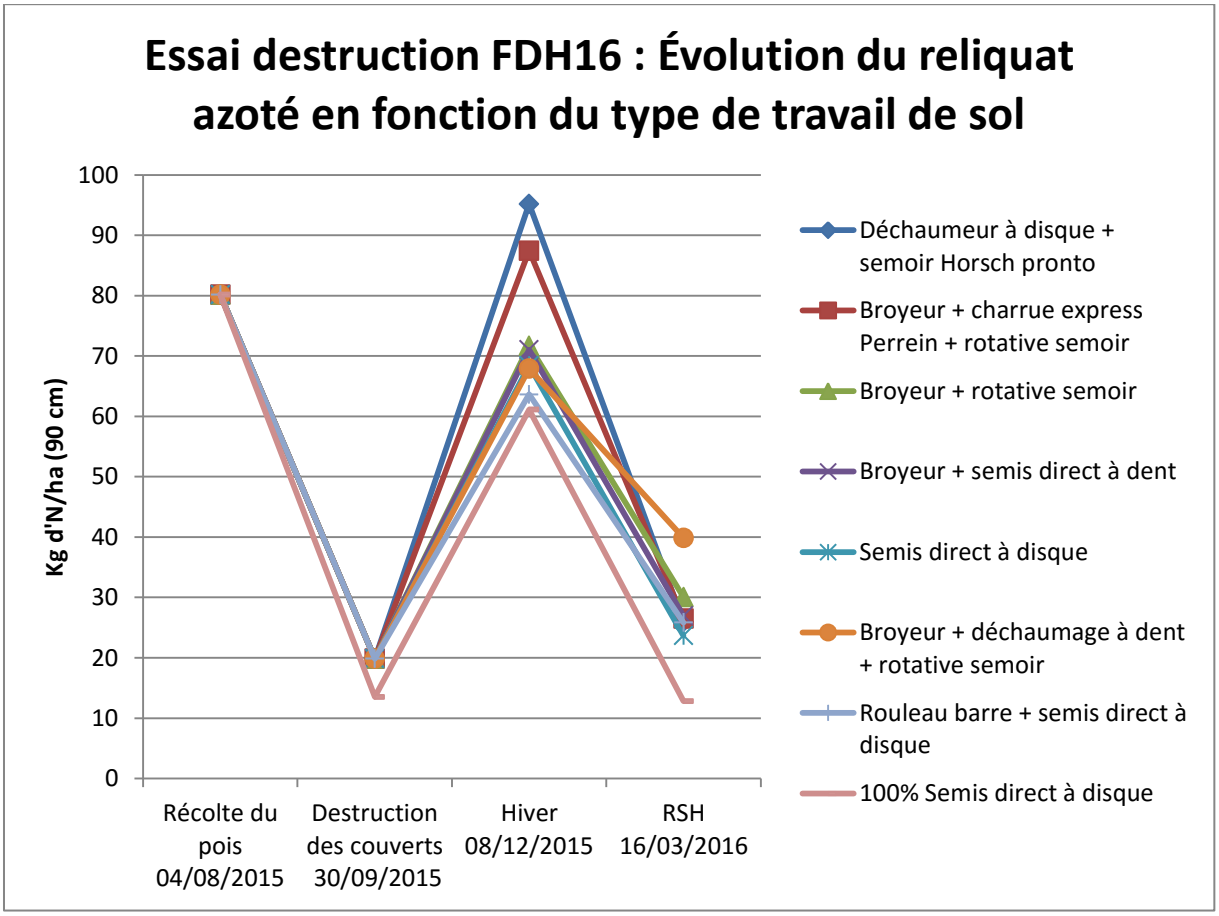


Figure 75 : Évolution du reliquat azoté en fonction du type de travail de sol pour l'essai destruction FDH16

La destruction du couvert au déchaumeur à disque suivi du semoir Horsch Pronto est la modalité qui permet la meilleure minéralisation du couvert. Le passage de la charrue express Perrein permet également une minéralisation élevée.

Pour les modalités en semis direct à disque, les résultats ont tous une tendance inférieure par rapport aux autres modalités. C'est la modalité 100% semis direct à disque qui permet la minéralisation la plus faible.

4. Comptage d'épis

4.1. Essai FDH16

4.1.1. Essai couverture de sol/fertilisation

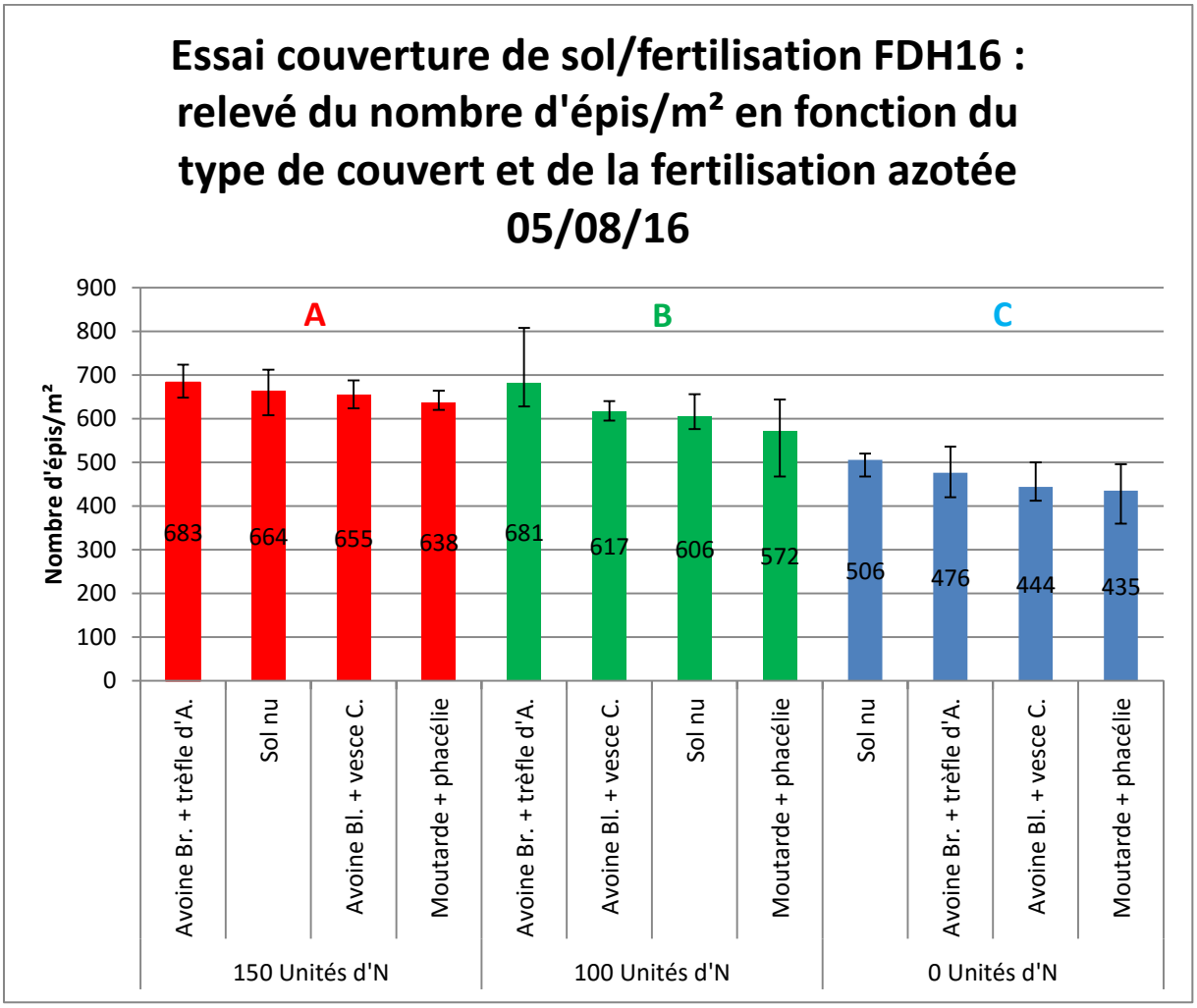


Figure 76 : Comptage du nombre d'épis/m² en fonction du type de couvert et de la fertilisation pour l'essai couverture de sol FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois fertilisations différentes. Les trois autres comparent les quatre types de couverture de sol et cela pour chaque fertilisations. L'analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$), a montré des différences statistiques entre les trois fertilisations. Aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les autres résultats.

L'analyse statistique confirme la différence du nombre d'épis/m² entre les trois types de fertilisations. La différence entre les fertilisations de 150 U d'azote et 100 U d'azote est assez proche. Le tallage n'a donc pas fortement été impacté par une baisse de 50 U en fertilisation azoté. Par contre, l'absence de fertilisation provoque une diminution du nombre d'épis plus marquée. Ce résultat est tout à fait logique.

Pour les fertilisations 100 et 150 U, c'est le mélange avoine brésilienne + trèfle d'Alexandrie qui permet le nombre d'épis le plus élevé. Ce type de mélange restitue donc bien l'azote capté en interculture

Par contre, pour chaque fertilisation azotée, c'est avec le mélange moutarde + phacélie qu'on obtient le moins d'épis. Ce mélange libère donc moins facilement l'azote capté en interculture.

4.1.2. Essai destruction

4.1.2.1. Nombre d'épis en fonction du type de destruction

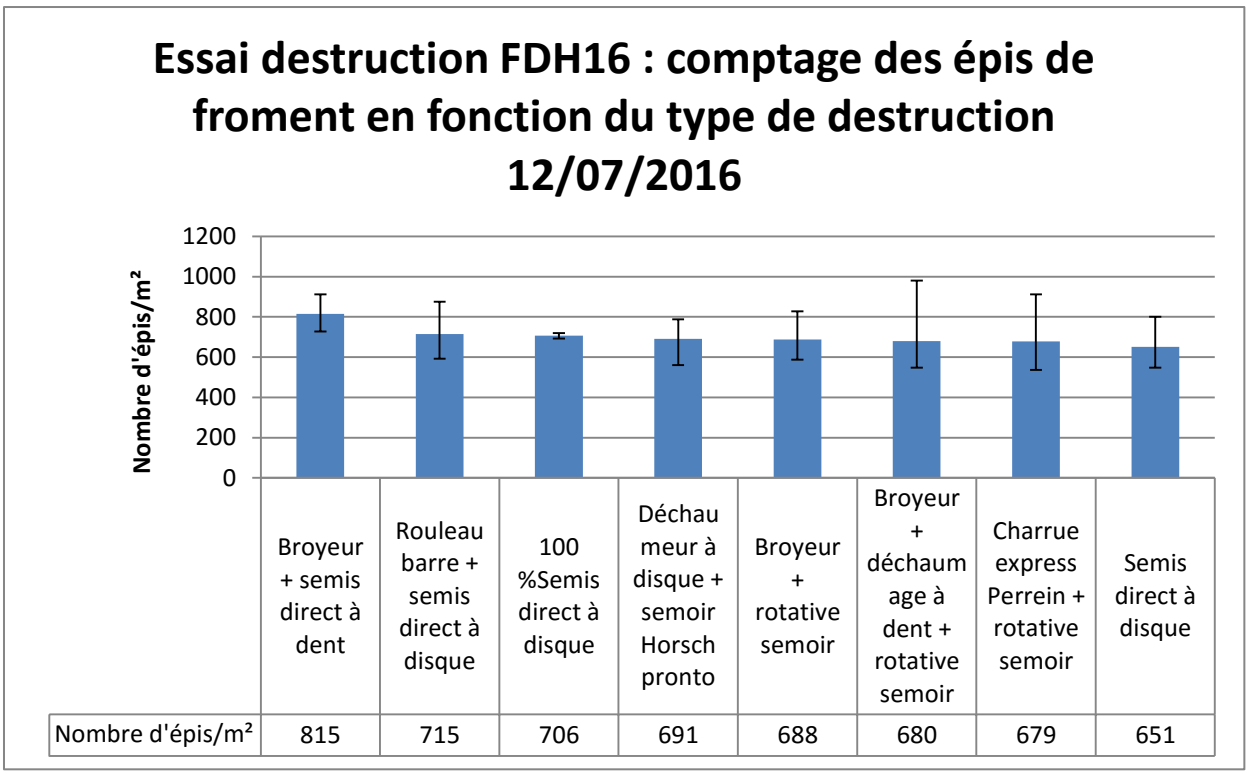


Figure 77 : comptage des épis de froment en fonction du type de destruction pour l'essai destruction FDH16

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

Les différents résultats sont assez proches à part pour le semis direct à dents qui obtient un nombre d'épis/m² plus élevé. En effet, ce type de semis possède une largeur d'interligne plus élevée que les autres modalités. Il semblerait qu'un interligne élevé favorise le tallage. Ceci peut expliquer le nombre d'épis plus élevé par rapport aux autres modalités.

4.1.2.2. Nombre d'épis en fonction du type de couvert

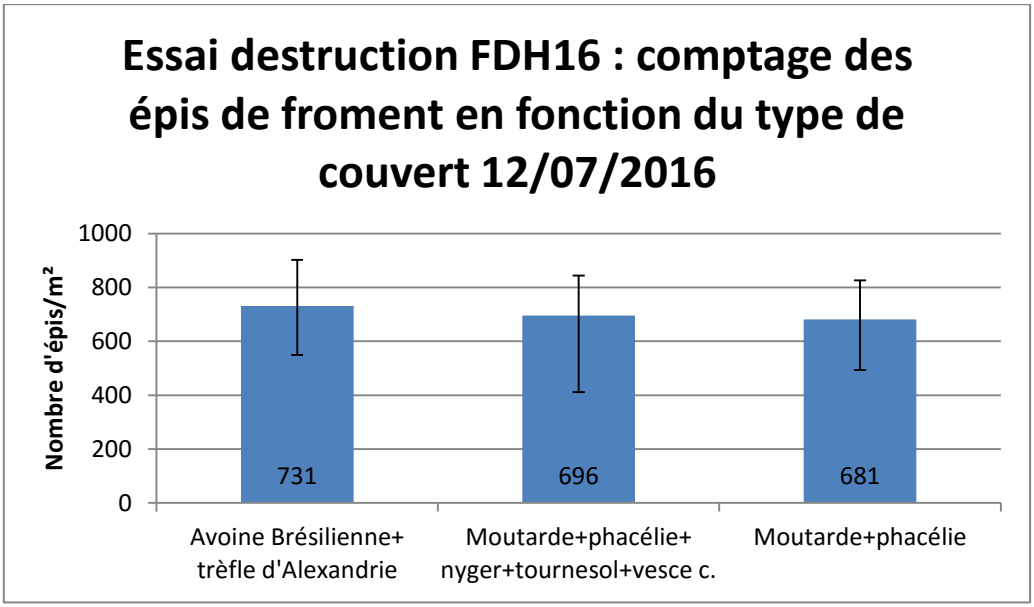
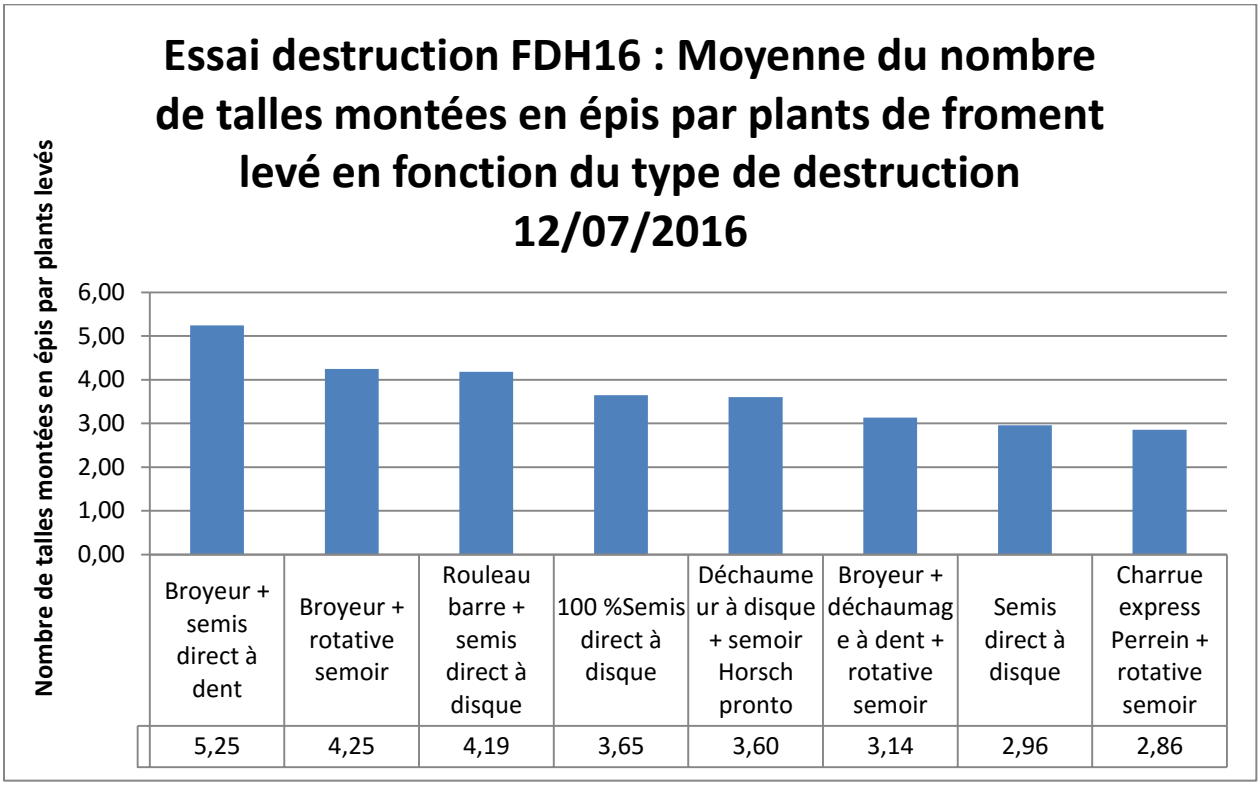


Figure 78 : comptage des épis de froment en fonction du type de couvert pour l'essai destruction FDH16

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

Nous pouvons observer un nombre plus élevé d'épis pour la modalité Avoine brésilienne + trèfle d'Alexandrie. Les résultats des deux autres modalités sont assez semblables.

4.1.2.3. Nombre de talles de froment monté en épis en fonction du type de destruction



Ces résultats sont issus de la combinaison du comptage des levées du froment et du comptage des épis. En effet, lorsque l'on divise le nombre d'épis compté par le nombre de plants levé, on obtient le nombre de talle monté en épis par pied de froment.

On peut remarquer un nombre d'épis élevé pour la modalité semis direct à dent. Par contre, pour ce qui est de la charrue Perrein et du semis direct à disque, le nombre de talles monté en épis est au plus bas.

5. Rendements et qualité technologique des graines de froment

5.1. Rendement du froment d'hiver

5.1.1. Essai FDH15

5.1.1.1. Essai couverture de sol

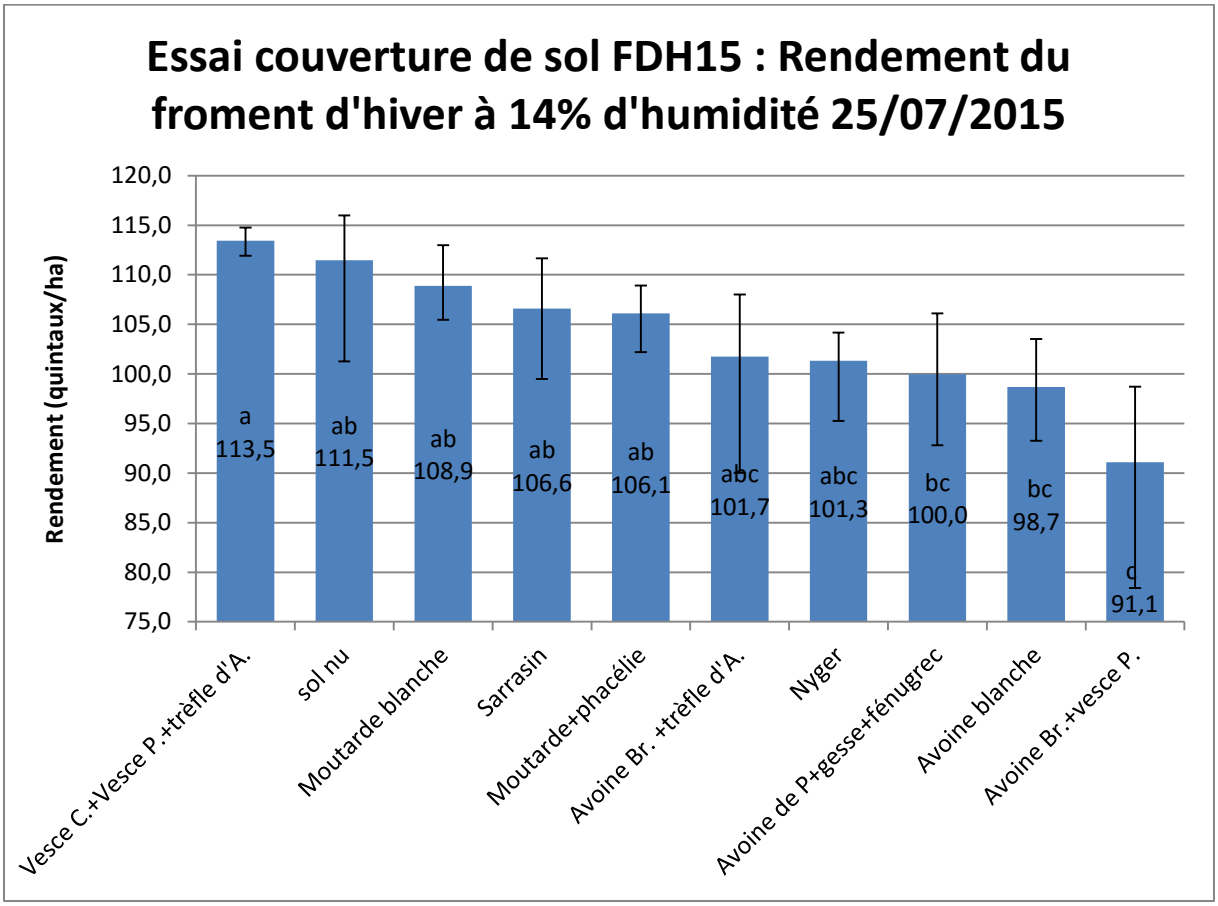


Figure 79 : Rendement du froment pour l'essai couverture de sol FDH15

Une analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$) a montré des différences statistiques entre les résultats. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

En comparaison avec le témoin (sol nu), seule la modalité composée du mélange avoine brésilienne + vesce pourpre a eu statistiquement un effet dépressif sur le rendement du froment d'hiver. Par comparaison au témoin, aucune modalité n'a eu un effet statistiquement positif sur le rendement. Néanmoins, la modalité composée de vesce commune, de vesce pourpre et de trèfle d'Alexandrie montre un effet légèrement supérieur. De plus, la variabilité dans les répétitions des rendements est très faible comparé aux autres modalités.

5.1.1.2. Essai destruction

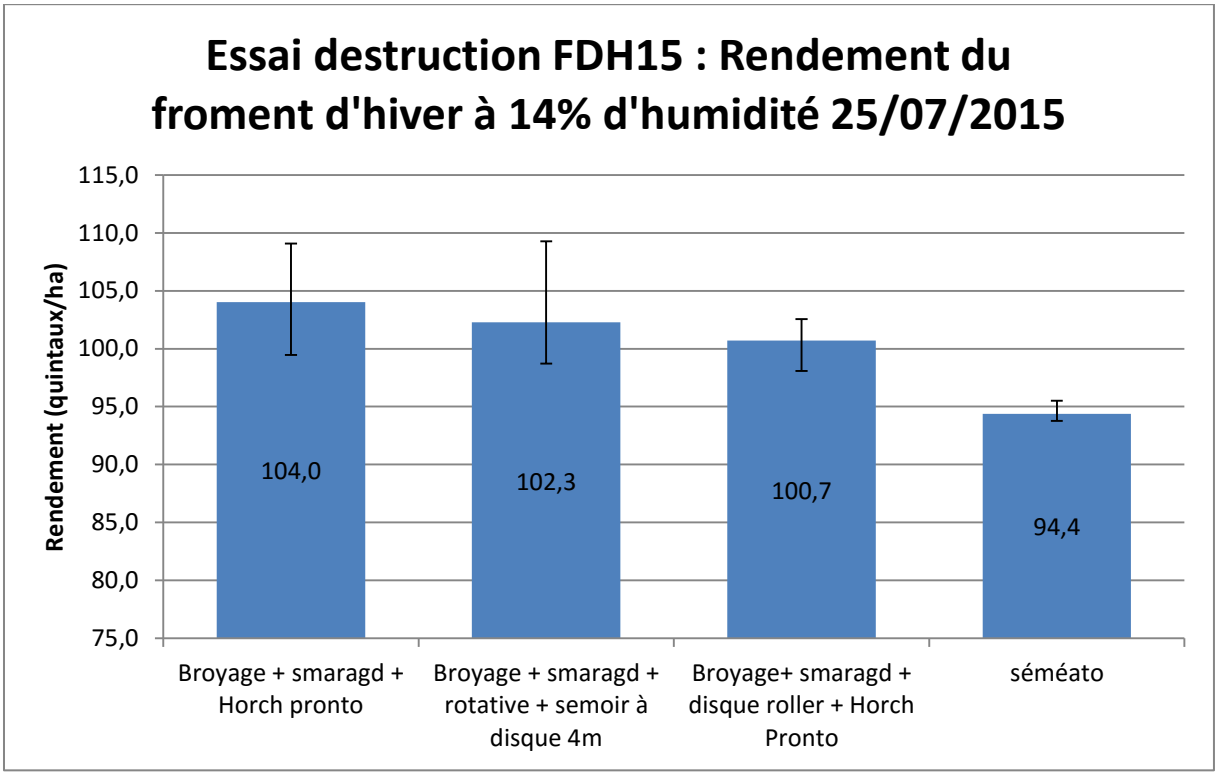


Figure 80 : Rendement du froment pour l'essai destruction FDH15

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

Malgré l'absence de différence statistique, la modalité en semis direct a tout de même un effet dépressif sur le rendement. En effet les conditions de semis de cette année culturale étaient assez humides. Ceci est probablement l'explication de cette chute de rendement. Les autres modalités de destruction et de semis offrent des rendements tout à fait correct. La modalité broyage + Smaragd + Horsch Pronto offre les meilleurs résultats pour le rendement du froment.

5.1.2. Essai FDH16

5.1.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

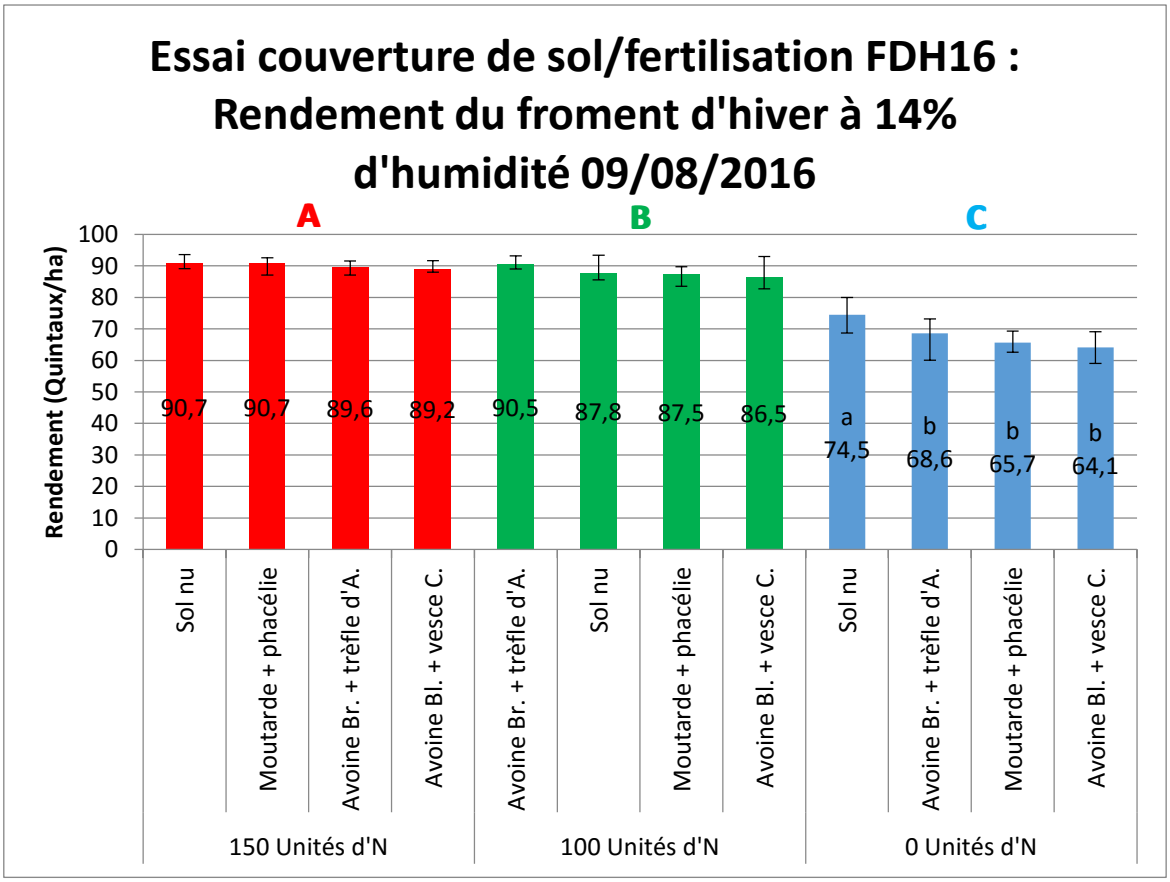


Figure 81 : Rendement du froment d'hiver pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois fertilisations différentes. Les trois autres comparent les quatre types de couverture de sol et cela pour chaque fertilisation. L'analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$) a montré des différences statistiques entre les trois fertilisations différentes et entre les quatre types de couvert concernant la fertilisation témoin (0 Unités d'azote). Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

L'analyse statistique confirme la différence de rendement entre les trois types de fertilisations. Cette différence est nettement plus marquée pour la fertilisation à 0 Unités d'azote. Par contre, la différence est moindre entre les deux autres types de fertilisations. En effet, si on soustrait la moyenne de rendement de ces deux fertilisations, on obtient 2,0 quintaux de différence entre la fumure azotée à 150 U et celle à 100 U.

Lorsqu'on compare les différents types de couverts, le mélange avoine blanche + vesce commune semble diminuer le rendement pour chaque modalité de fertilisation. Ceci n'est pas confirmé statistiquement.

Par contre, la modalité sol nu non fertilisée permet des rendements supérieurs que les autres modalités avec sol couvert. Si on regarde le profil azoté de printemps pour cette modalité, il reste encore un peu moins de 80 Unités dans le profil. Le froment a donc eu de quoi se nourrir avec les réserves minéralisées et non-minéralisées dans le sol.

5.1.2.2. Essai destruction

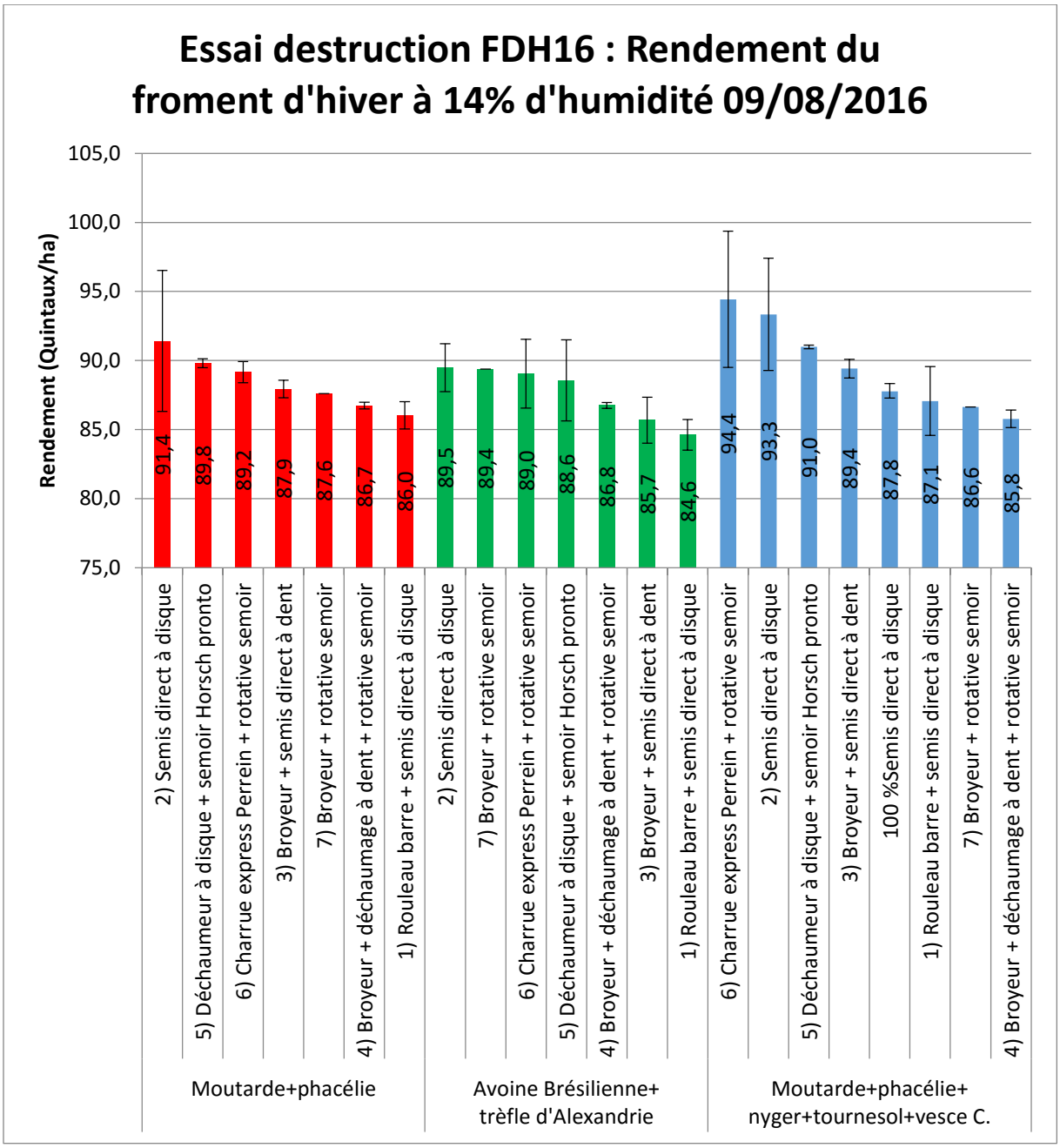


Figure 82 : Rendement du froment d'hiver pour l'essai destruction FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois types de couverts différents. Les trois autres comparent six[7] types de techniques de destruction et de semis et cela pour chaque type de couvert. Après l'analyse de la variance ($\alpha = 0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

Malgré l'absence de différence statistique, on remarque que la modalité semis direct à disque donne, pour chaque type de couvert, les meilleurs rendements. Ceci est intéressant puisque le coût de ce type de semis est très bas. En effet, il demande peu d'effort de traction puisque ce système ne travaille pas le sol.

[7] L'analyse statistique est réalisée sur les modalités de destruction n°1, 2, 3, 4, 5 et 6. La destruction n°7 n'est pas prise en compte puisqu'elle ne possède pas de répétitions dans l'essai suite à un problème technique. La modalité 100% semis direct n'est également pas analysée vu qu'elle ne possède aucune répétition.

5.2. Teneur en humidité des graines

5.2.1. Essai FDH15

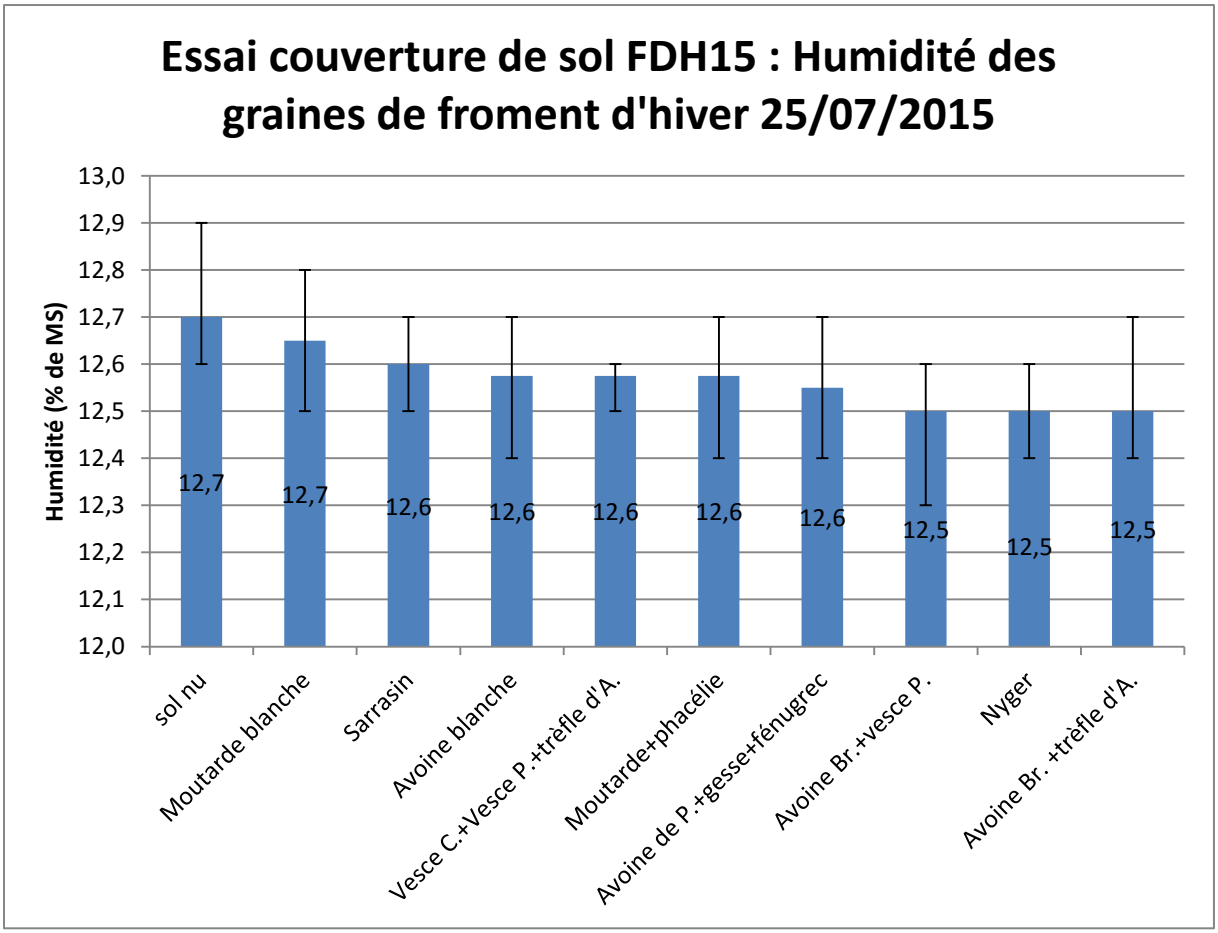


Figure 83 : Humidité des graines de froment pour l'essai FDH15

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

Les teneurs en humidité sont assez semblables entre les différentes modalités. Le type de couverture de sol ne semble donc pas influencer le pourcentage d'humidité des graines.

5.2.2. Essai FDH16

5.2.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

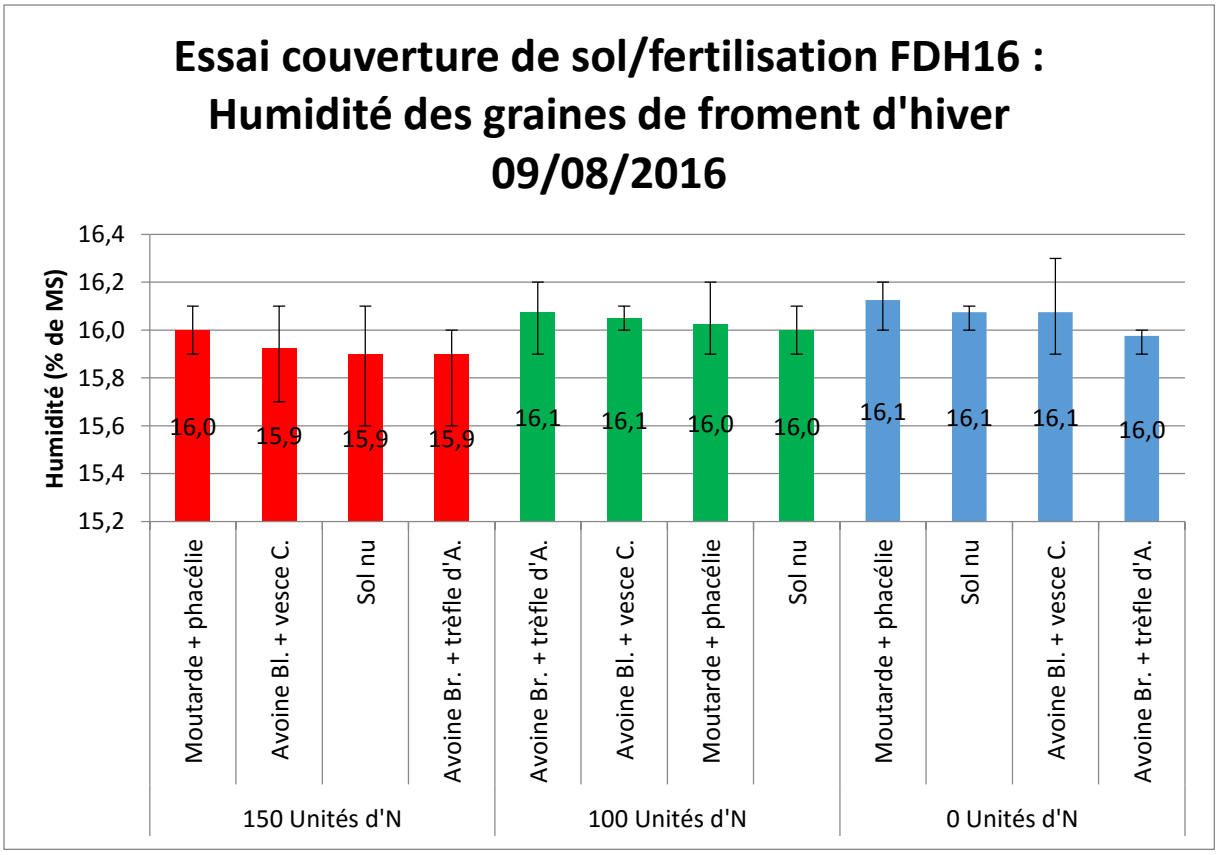


Figure 84 : Humidité des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois fertilisations différentes. Les trois autres comparent les quatre types de couverture de sol et cela pour chaque fertilisations. Après l'analyse de la variance ($\alpha = 0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

Que ce soit entre les différents types de couvert ou entre les différentes fertilisations, les résultats d'humidité des graines sont très semblables entre elles. Ce résultat est aussi observé pour la couverture de sol dans l'essai de l'année précédente.

5.2.2.2. Essai destruction

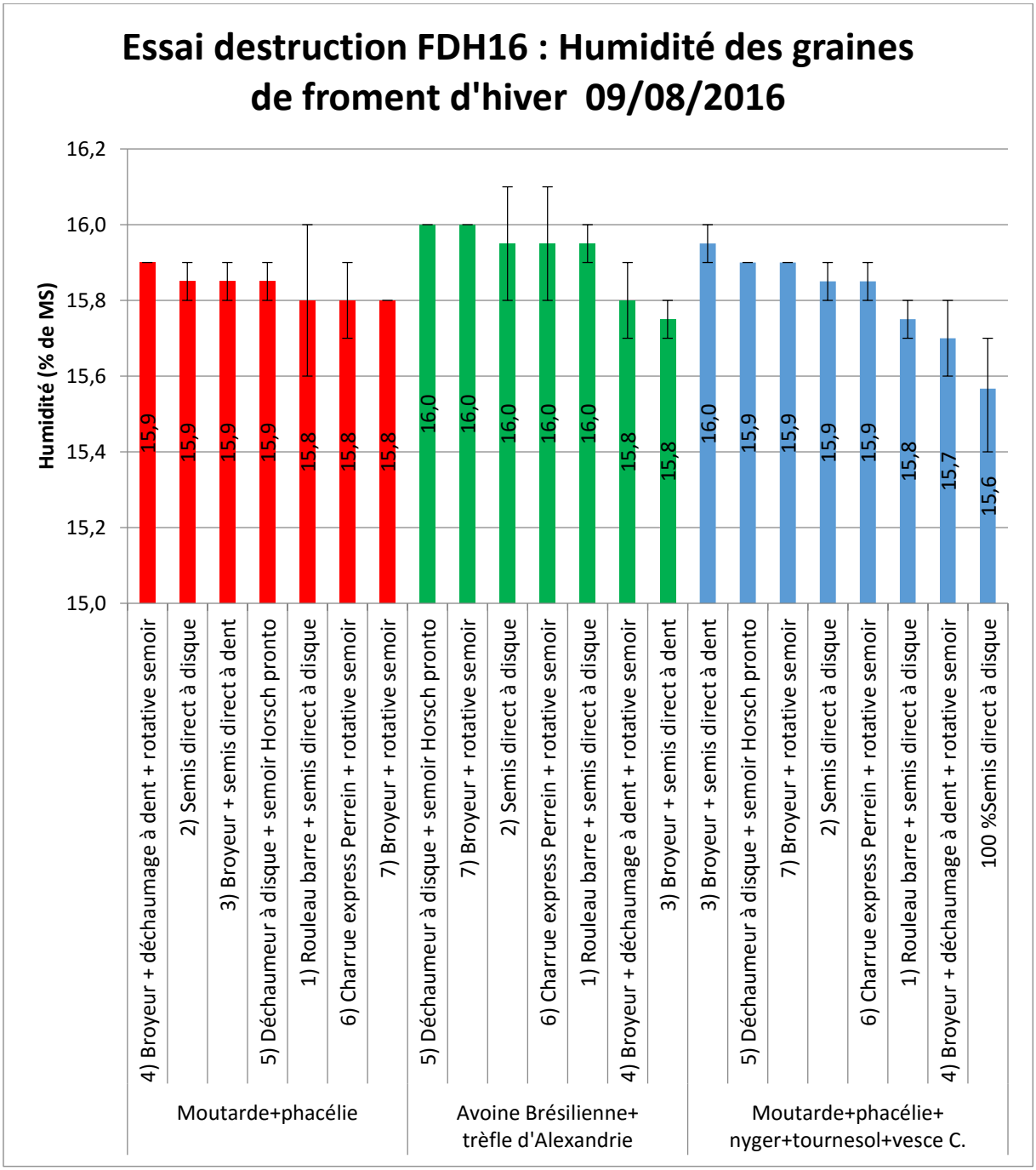


Figure 85 : Humidité des graines de froment pour l'essai destruction FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois types de couverts différents. Les trois autres comparent six[8] types de techniques de destruction et de semis et cela pour chaque type de couvert. Après l'analyse de la variance ($\alpha = 0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

La teneur en humidité des graines est relativement stable entre les différentes modalités. Le type de destruction et le type de couvert n'influencent donc pas ce paramètre.

[8] L'analyse statistique est réalisée sur les modalités de destruction n°1, 2, 3, 4, 5 et 6. La destruction n°7 n'est pas prise en compte puisqu'elle ne possède qu'une répétition dans l'essai suite à un problème technique. La modalité 100% semis direct n'est également pas analysée vu qu'elle ne possède pas de répétition.

5.3. Poids spécifique des graines

5.3.1. Essai FDH15

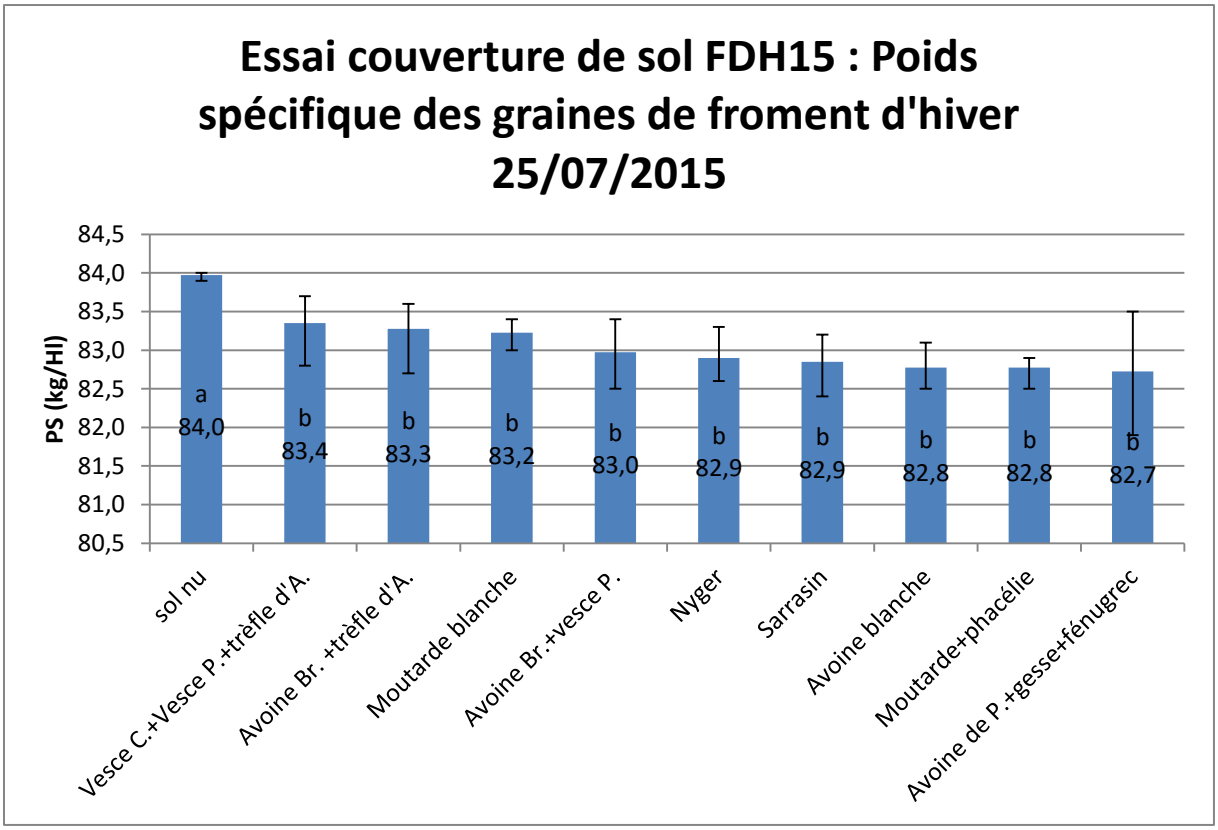


Figure 86 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai FDH15

Une analyse de la variance ($\alpha = 0,05$) a montré des différences statistiques entre les résultats. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Statistiquement, le poids spécifique du froment est plus élevé dans le témoin (sol nu). Toutes les autres modalités sont identiques du point de vue statistique.

5.3.2. Essai FDH16

5.3.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

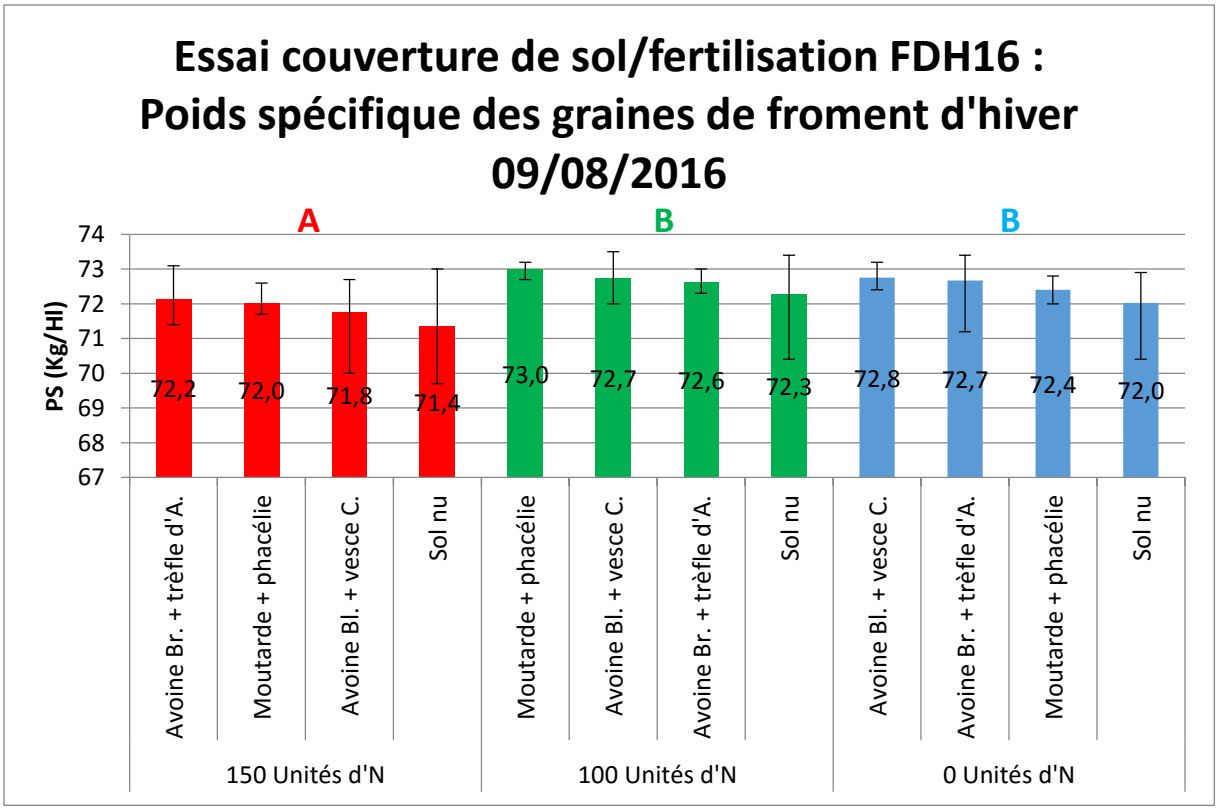


Figure 87 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois fertilisations différentes. Les trois autres comparent les quatre types de couverture de sol et cela pour chaque fertilisations. L'analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$) a montré des différences statistiques uniquement entre les trois fertilisations différentes. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Statistiquement, la fertilisation la plus élevée a un impact négatif sur le poids spécifique des graines de froment. Les deux autres fertilisations (100 et 0 U) ont un poids à l'hectolitre semblable. Contrairement à l'essai de l'année précédente, la modalité sol nu semble, pour chaque type de fertilisation azotée, diminuer le poids spécifique. Néanmoins, cette observation n'est pas confirmée par les statistiques.

5.3.2.2. Essai destruction

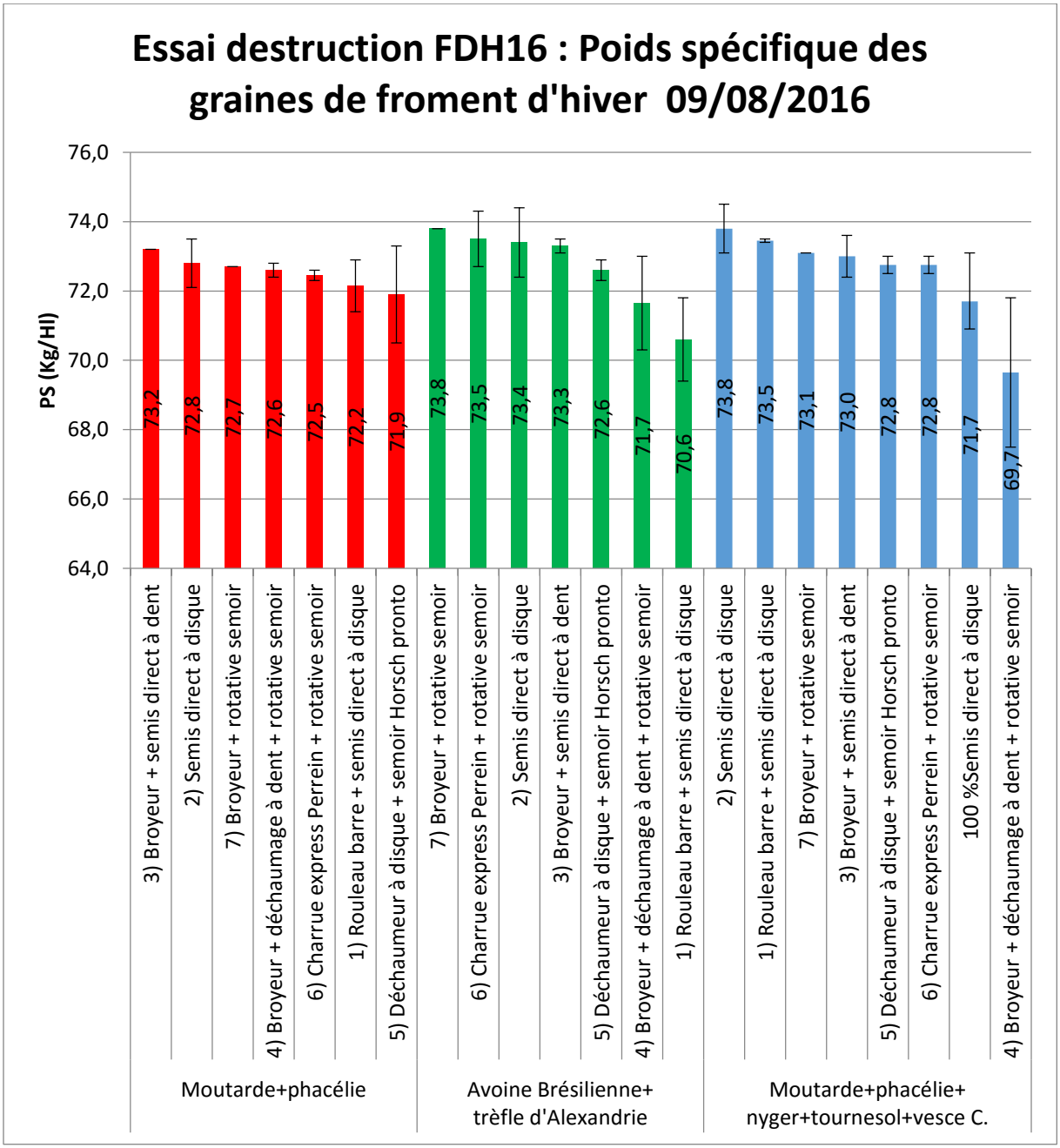


Figure 88 : Poids spécifique des graines de froment pour l'essai destruction FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois types de couverts différents. Les trois autres comparent six[9] types de techniques de destruction et de semis et cela pour chaque type de couvert. Après l'analyse de la variance ($\alpha = 0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

Le poids spécifique des graines de froment n'est pas influencé statistiquement par les modalités testées. Toutes les modalités offrent donc un poids à l'hectolitre assez semblable.

[9] L'analyse statistique est réalisée sur les modalités de destruction n°1, 2, 3, 4, 5 et 6. La destruction n°7 n'est pas prise en compte puisqu'elle ne possède qu'une répétition dans l'essai suite à un problème technique. La modalité 100% semis direct n'est également pas analysée vu qu'elle ne possède pas de répétition.

5.4. Poids de mille grains

5.4.1. Essai FDH15

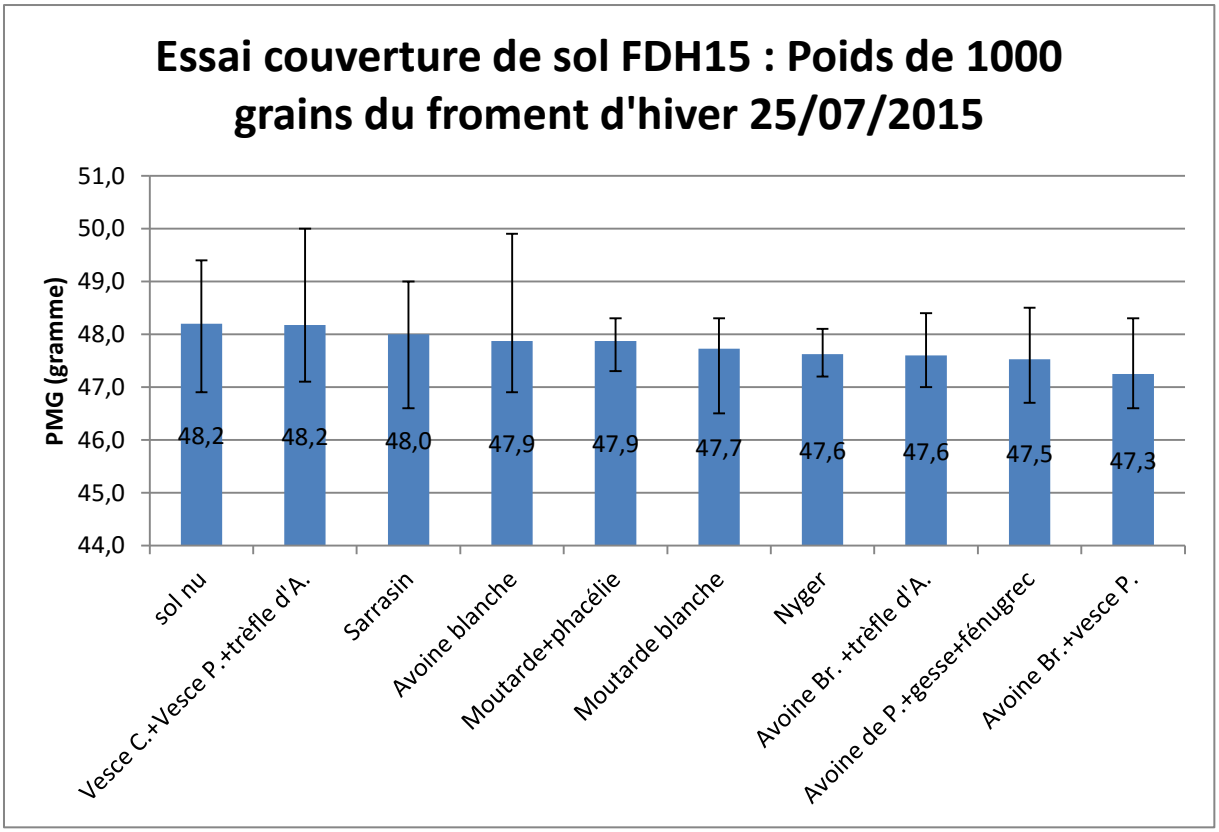


Figure 89 : PMG des graines de froment pour l'essai FDH15

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

Statistiquement, le poids de mille grains n'est pas influencé par les différentes modalités de couverture de sol. En effet il n'y a pas beaucoup de différences entre les valeurs observées.

5.4.2. Essai FDH16

5.4.2.1. Essai couverture de sol/fertilisation

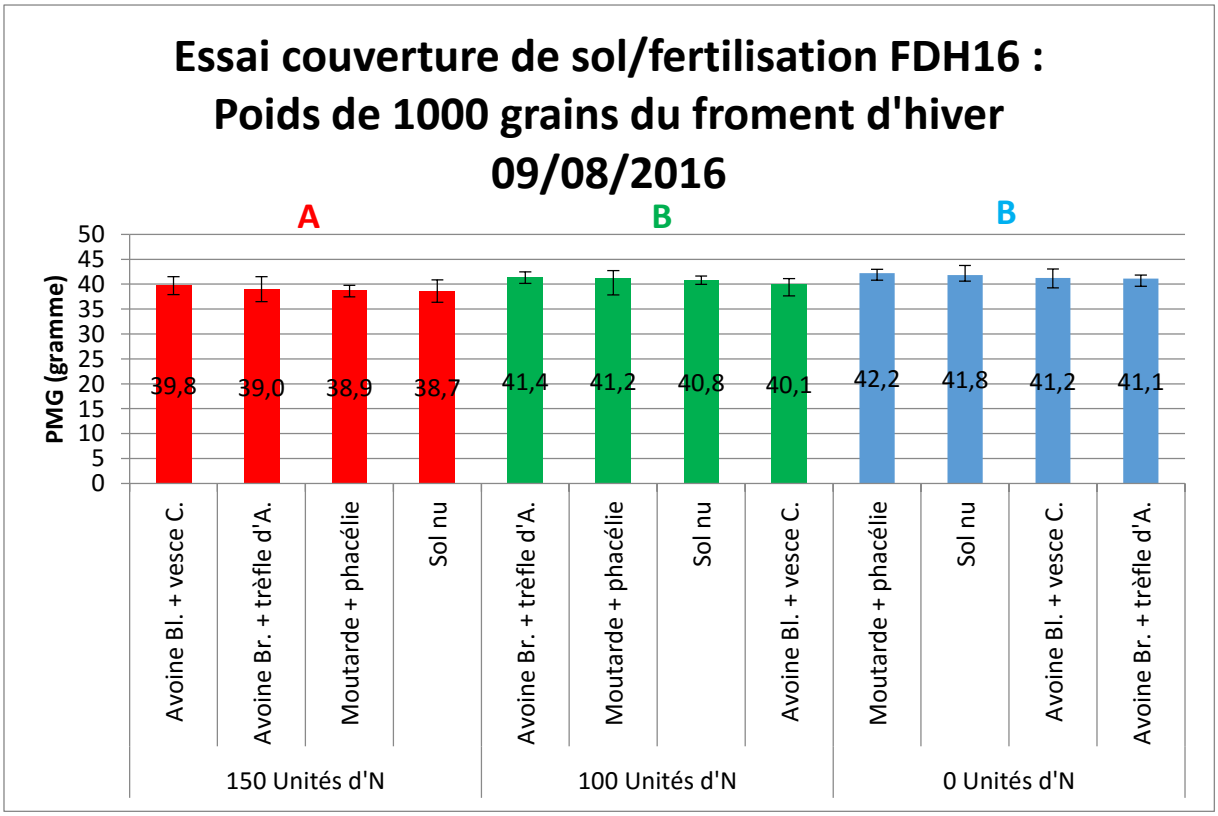


Figure 90 : PMG des graines de froment pour l'essai couverture de sol/fertilisation FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois fertilisations différentes. Les trois autres comparent les quatre types de couverture de sol et cela pour chaque fertilisations. L'analyse de la variance ($\alpha = 0{,}05$) a montré des différences statistiques uniquement entre les trois fertilisations différentes. Cette analyse de la variance a donc été couplée à une comparaison des moyennes par la méthode de Newman et Keuls au niveau de probabilité 0,05. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Le poids de mille grains est diminué par la fertilisation à 150 U comparé aux deux autres types de fumures. Ce constat est le même que pour le poids spécifique des graines. En effet, ces deux mesures sont proportionnelles entres elles puisqu'elles traduisent toutes les deux le poids du grain.

5.4.2.2. Essai destruction

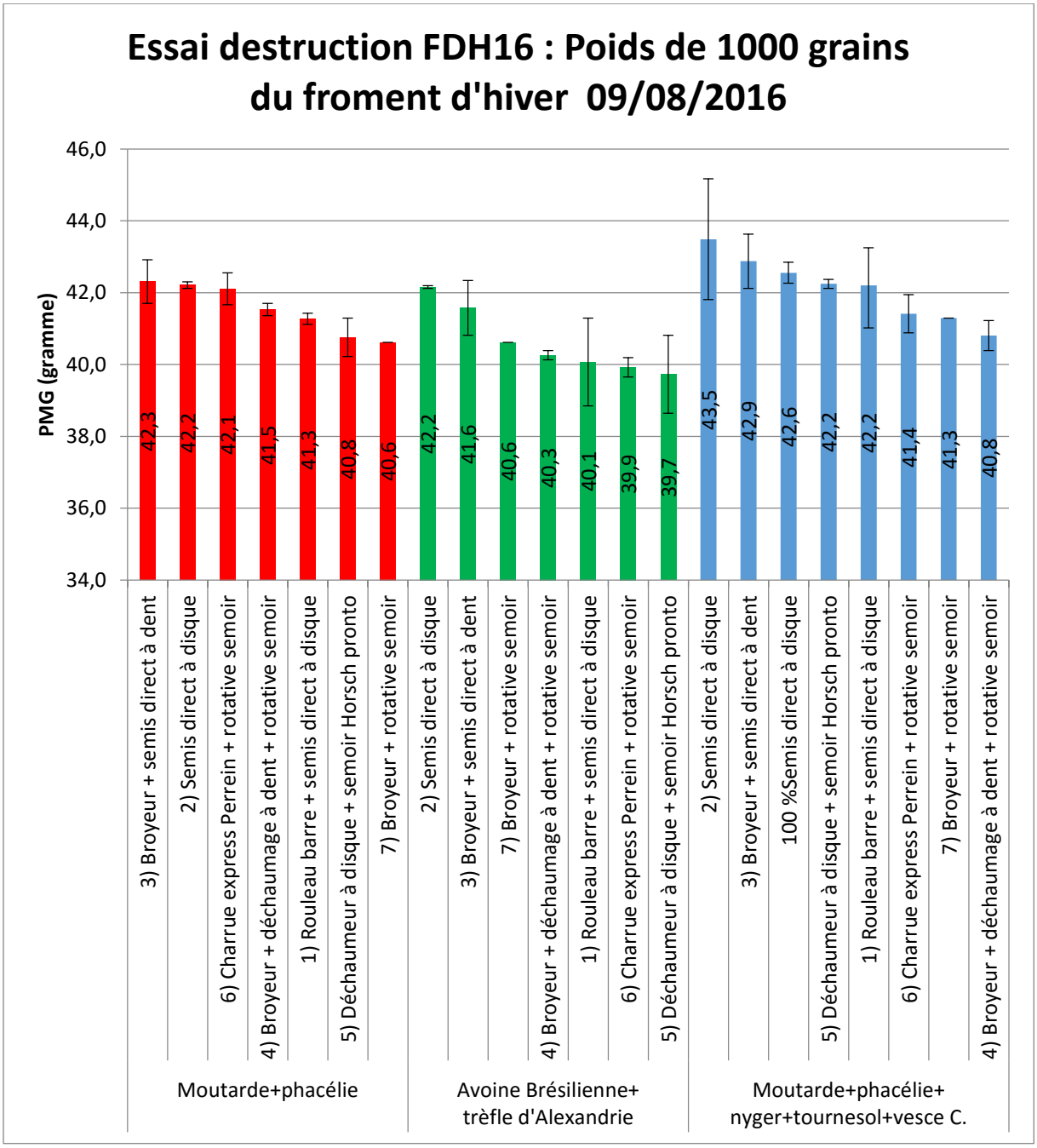


Figure 91 : PMG des graines de froment pour l'essai destruction FDH16

Quatre analyses statistiques ont été réalisées sur ce graphique. La première consiste à comparer les trois types de couverts différents. Les trois autres comparent six[10] types de techniques de destruction et de semis et cela pour chaque type de couvert. Après l'analyse de la variance ($\alpha = 0,05$), aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence entre les résultats.

Les résultats du poids de mille grains sont assez semblables entre eux. En effet, l'analyse statistique nous le confirme puisque aucune différence n'a été observée.

[10] L'analyse statistique est réalisée sur les modalités de destruction n°1, 2, 3, 4, 5 et 6. La destruction n°7 n'est pas prise en compte puisqu'elle ne possède qu'une répétition dans l'essai suite à un problème technique. La modalité 100% semis direct n'est également pas analysée vu qu'elle ne possède pas de répétition.

VI. Résultats et discussions

1. Evaluation agronomique

1.1. Réflexion n°1 : Les couverts composés de légumineuses jouent également un effet piège à nitrate significatif

Les mesures d'azotes réalisées confirment l'effet piège à nitrates des légumineuses. En effet, comme cité dans le chapitre État des connaissances, les légumineuses en pur limite la lixiviation des nitrates quand la quantité d'azote dans le profil est faible ou moyen. Les mélanges de légumineuses et de non-légumineuses ont un effet piège à nitrates équivalent par rapport aux non-légumineuses pures. (Cohan & Labreuche, 2015)

Il ne faut donc pas avoir peur d'incorporer des légumineuses dans ses couverts. Néanmoins, il faut tout de même respecter la législation qui autorise un maximum de 50% de légumineuses en poids de semence dans le mélange réalisé. En observant les résultats des mesures d'azote, cette réglementation est contredite dans les essais. En effet, le mélange testé durant l'essai FDH15, qui est composé de 100% de légumineuses, piège tout de même 80 unités d'azote.

1.2. Réflexion n°2 : La biomasse produite par les intercultures courtes dépend du type de mélange réalisé

Durant l'essai FDH16, la biomasse mesurée sur les mélanges complexes est toujours plus élevée par rapport aux mélanges plus simples. De plus, l'écart de biomasse entre les différentes répétitions est minime pour ce type de mélange. Cet essai confirme donc la bibliographie qui dit dans le point 4 (chapitre II État des connaissances) : Chaque plante participe à la biomasse sans trop concurrencer les espèces présentes dans ce mélange. Il y a donc une production supérieure par rapport à des espèces en pur. (Thomas, 2009) (Minette, 2009)

1.3. Réflexion n°3 : Par la restitution des éléments fertilisants captés par les couverts, les différents mélanges d'engrais verts testés ont un impact sur l'auto-fertilisation azotée du froment d'hiver

Suite à l'essai fertilisation réalisé cette année, différents résultats sortent du lot. En effet, au regard de la Figure 81, l'absence de fertilisation en sol nu donne de meilleurs rendements qu'en sol couvert. Ceci peut s'expliquer par le fait que le froment implanté sur un sol non couvert pompe directement l'azote présent dans le sol. En effet, le profil azoté printanier pour cette parcelle contient un peu moins de 80 Unités d'azote (voir Figure 74) ce qui n'est pas négligeable. Pour les mélanges contenant de l'avoine, le profil printanier est également riche en azote. Malgré cela, le rendement est diminué. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces mélanges, après destruction, pompent une partie de l'azote présent dans le sol pour leur minéralisation. Ce phénomène entraine donc une légère faim d'azote pour le froment. La diminution de rendement sur sol couvert et non fertilisé est donc expliquée.

Remarque : L'agriculteur, chez qui on a mis en place l'essai, pratique les couverts végétaux et apporte régulièrement de la matière organique sur ses terres. Il est donc fort probable que ce système a une inertie sur la restitution azotée.

Lorsqu'on regarde les rendements pour la fertilisation de 100 U, les quatre modalités de couverture donnent des résultats plus ou moins équivalents. De plus, ce n'est plus la modalité sol nu qui est la plus productive mais plutôt la modalité avoine + trèfle d'Alexandrie. La fumure azotée a donc permis, en partie, de minéraliser le couvert. Le froment a donc bénéficié de tout l'azote déjà présent dans le sol et va également bénéficier de la minéralisation progressive du couvert.

La fertilisation de 150 U ne permet pas un gain de rendement très élevé. Cette fertilisation supplémentaire n'est donc peut-être pas nécessaire au point de vue économique (cet aspect est développé dans la partie Évaluation économique située ci-dessous). Une partie de l'azote apportée en supplément serait donc inutile. La quantité d'azote présente dans le sol est donc suffisante pour exprimer un rendement satisfaisant.

La couverture de sol a donc bien un effet sur la fertilisation du froment. Cet effet est marqué lorsqu'une fertilisation azotée est apportée. Celle-ci permet de minéraliser plus facilement l'azote du couvert et permet d'éviter en partie le phénomène de faim d'azote. Ce phénomène ne serait sûrement pas observé avec des mélanges de couvert composés uniquement de légumineuses. En effet, comme cité dans la partie 4 du chapitre II : « État des connaissances », ce type de mélange se minéralise très facilement vu son C/N assez bas.

1.4. Réflexion n°4 : La modalité 100% semis direct à disque a un impact sur la production de biomasse des intercultures courtes, la mobilité de l'azote dans le sol et le rendement du froment d'hiver

L'interculture courte ayant obtenu le meilleur résultat de biomasse est la modalité implantée en semis direct. En effet, durant la croissance des couverts, cette interculture courte a toujours été la plus belle et la plus grande. Au vu de ce résultat, le travail du sol avant le semis des couverts n'est pas indispensable pour permettre une bonne croissance des engrais verts. Ceci est valable lorsque le pois de conserverie a été récolté en de bonnes conditions. En effet, les conditions de récolte pour cet essai étaient bonnes.

Néanmoins, cette méthode de semis restitue moins d'azote à la culture suivante mais capte un maximum d'azote dans le sol. Ceci s'explique par une minéralisation beaucoup plus lente vu que le sol n'est pas travaillé.

Le rendement du blé suivant ce couvert, est tout de même moins élevé que les autres modalités. Mais lorsqu'on regarde l'analyse économique (située ci-dessous), cette modalité est classée deuxième dans les plus rentables. En effet, le coût de ce type de semis est très bas.

1.5. Autres paramètres testés pour lesquels aucuns effets statistiques significatifs n'ont pu être dégagé

- La biomasse des intercultures courtes en fonction du type de destruction (essai FDH16)
- Le comptage des levées du froment en fonction du type de destruction (essais FDH15 et FDH16)
- Le comptage des levées du froment en fonction du type de couverture de sol (essai FDH16)
- Le comptage des épis de froment en fonction du type de destruction (essai FDH16)
- Le rendement du blé en fonction du type de destruction (essais FDH15 et FDH16)
- La teneur en humidité des graines pour tous les essais réalisés
- Le poids spécifique des graines en fonction du type de destruction (essai FDH16)
- Le PMG des graines en fonction du type de couverture de sol (essai FDH15)
- Le PMG des graines en fonction du type de destruction (essai FDH16)

2. Évaluation économique

2.1. Comparaison économique des modalités de destruction et de semis

L'évaluation économique est réalisée sur l'essai destruction FDH16. Chaque modalité de destruction et de semis possède un coût bien défini en fonction des travaux réalisés. Le coût de chaque opération provient de calculs réalisés par la FDSEA (voir Annexe 3) (FDSEA, 2016). Ensuite, le rendement du froment qui provient de chaque modalité de semis et de destruction est multiplié par le prix indicatif du froment à la date du 19 août 2016 (Synagra, 2016). Le produit obtenu est ensuite soustrait par le coût de semis et de destruction qui a été investi dans la culture.

Tableau 7 : Comparaison des modalités de destruction et de semis sur le plan économique

	Coût du semis et de la destruction détaillé (€/ha)	Coût du semis et de la destruction total (€/ha)	Rendement du froment (t/ha)	Prix de vente des graines de froment	Produit	Résultat (produit - coût de destruction et de semis)
Semis direct à disque	55	55 €	9,14	x 136 €/t	1 243 €	1 188 €
100% semis direct à disque	55	55 €	8,78	x 136 €/t	1 194 €	1 139 €
Déchaumeur à disque + semoir Horsch Pronto	29 + 55	84 €	8,98	x 136 €/t	1 221 €	1 137 €
Rouleau barre + semis direct à disque	10 + 55	55 €	8,59	x 136 €/t	1 168 €	1 113 €
Broyeur + semis direct à dent	42 + 45	87 €	8,77	x 136 €/t	1 193 €	1 106 €
Broyeur + Charrue express Perrein + rotative semoir	67 + 73	140 €	9,09	x 136 €/t	1 236 €	1 096 €
Broyeur + rotative semoir	42 + 73	115 €	8,79	x 136 €/t	1 195 €	1 080 €
Broyeur + déchaumage à dent + rotative semoir	42 + 31 + 73	146 €	8,64	x 136 €/t	1 175 €	1 029 €

Au vu de ces résultats, on remarque que la modalité semis direct à disque est la plus économique. Par comparaison, toutes les autres modalités, diminuent la rentabilité de la culture. La perte de rentabilité la plus élevée est réalisée avec la modalité broyeur + déchaumage à dent + rotative semoir. En effet, comparé au semis direct à disque, un écart de 159 €/ha est observé entre ces deux modalités.

2.2. Comparaison économique des trois fumures azotées

Dans le tableau ci-dessous, une analyse de rentabilité de fertilisation du froment est dressée. Pour ce faire, la rentabilité de la fertilisation supplémentaire est calculée à l'aide :

- Du gain de rendement obtenu grâce à la fertilisation azotée supplémentaire,
- Du coût de la fumure azotée supplémentaire,
- Du produit réalisé à l'aide du gain de rendement.

Pour obtenir la rentabilité, on soustrait du produit le coût de la fumure azotée supplémentaire. Un résultat positif signifie une fertilisation rentabilisée et au contraire, un résultat négatif traduit une perte d'argent.

Tableau 8 : Rentabilité des différentes fumures azotées appliquées sur le froment d'hiver

	Fertilisation		
	0 Unités d'azote	100 Unités d'azote	150 Unités d'azote
Rendement moyen (t/ha)	6,8	8,8	9,0
Gain de rendement (t/ha)		2,0	0,2
Coût de la fumure azotée supplémentaire (N27% à 0,29€/kg)		107,41 €	53,70 €
Produit supplémentaire grâce au gain de rendement (froment à 136€/t)		270,01 €/ha	27,01 €/ha
Rentabilité de la fertilisation supplémentaire		**162,60 €/ha**	**-26,70 €/ha**

La fertilisation de 150 U d'azote n'est pas rentable comparé à 100 U. En effet, le gain de rendement observé ne suffit pas pour compenser le coût d'un apport de 50 U supplémentaires. Ces 50 Unités en supplément font diminuer la marge brute de la culture à raison de 26,70 €/ha.

3. Evaluation environnementale

Les profils azotés réalisés durant les essais ont prouvé que les couverts implantés ont bien joué leur rôles piège à nitrates. Ceci nous confirme que couvrir les sols joue un rôle bénéfique pour l'environnement. En effet, au lieu de se retrouver dans les nappes phréatiques, dans les rivières, … l'azote est capté par les couverts végétaux. Les impacts négatifs sur l'environnement (eutrophisation des eaux, …) seront donc évités. De plus, ces couvertures végétales vont limiter les risques d'érosion et favoriser la vie du sol.

VII. Conclusion et perspectives

Ce travail visait à comparer plusieurs types d'intercultures courtes, plusieurs fertilisations azotées et plusieurs techniques de destruction de couvert et de semis de froment. Cette comparaison s'est faite au niveau agronomique, économique et écologique.

D'un point de vue économique, la modalité semis direct à disque est la plus rentable. Néanmoins, les essais avec ce type de semis doivent encore être renouvelés. En effet, les conditions climatiques ne cessent de changer d'année en année. Il est donc important de vérifier les résultats sur plusieurs années.
L'essai fertilisation nous a permis de montrer qu'une fumure à raison de 100 unités d'azote était suffisante après de telles intercultures. La répétition d'un tel essai est également importante. On pourrait imaginer après quelques années d'essai un guide de fertilisation azotée pour une culture de froment qui précède un pois de conserverie.

Sur le plan agronomique, les intercultures courtes sont très intéressantes pour capter l'azote présent dans le sol et ensuite le restituer à la culture suivante. Durant les prochains essais, il serait intéressant de rechercher des intercultures qui se minéralisent encore plus facilement notamment des mélanges riches en légumineuses. Ceci ayant pour but de faire davantage d'économies sur la fumure azotée.

Au niveau environnemental, les profils azotés des deux années d'essai nous confirment le rôle de piège à nitrates des différentes intercultures courtes testées. Ces dernières jouent donc bien un rôle important pour l'environnement.

Comme lu dans le travail, il est obligatoire d'implanter une interculture courte après une culture de pois de conserverie récoltée avant le premier août. Beaucoup d'agriculteurs considèrent que cette obligation est une contrainte. Néanmoins, lorsque ces intercultures courtes sont implantées et gérées de manière optimale, elles n'apportent que des avantages. Ces obligations sont donc un atout sur le plan agronomique, économique et environnemental.

Bibliographie

Agr'Eau. (2016, Février 23). *Dois-je implanter une CIPAN?* Consulté le Février 23, 2016, sur Agr'Eau: http://www.agreau.be/fr/page/category/60/muss_ich_eine_zwischenkultur_nitratfalle_anbauen

Arvalis, institut du végétal. (2016, Mai 31). *Eau en excès à tout les stades.* Consulté le Mai 2016, 2016, sur Arvalis, institut du végétal: http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=10&type_acc=5&id_acc=387

Cloet, S. (2005, Octobre 16). Saint-Gérard, Namur, Belgique.

Cloet, S. (2016, Mars 15). Corroy-le-Grand, Brabant-Wallon, Belgique.

Cohan, J.-P., & Labreuche, J. (2015, Mars). Couverts intermédiaires, les légumineuses confirment leur avantage. *Perspectives agricoles*, pp. 30-34.

Cohan, J.-P., & Labreuche, J. (2015, Juin). Travail du sol et couvert, un nouvel éclairage sur le stockage du carbone. *Perspectives agricoles*, pp. 58-63.

Eco-dyn. (2016, Mai 31). *Auto-construction.* Consulté le Mai 31, 2016, sur Eco-dyn, techniques et outils pour mieux cultiver la terre: http://vernoux.org/ecodyn/?page_id=1090

FDSEA. (2016, Août 8). *Barème d'entraide-matériel 2015-2016 (Tarifs moyens par type de chantier).* Consulté le Août 8, 2016, sur FDSEA: http://www.fdsea80.fr/espace-pratique/machinisme/tarif-d-entraide/tarifs-moyens-par-type-de-chantier/

Gate, P., & Cohan, J.-P. (2016, Février). Valoriser la fonction puits de carbone des sols agricoles. *Perspectives agricoles*, pp. 59-60.

Google maps. (2016). *Google maps*. Consulté le Avril 11, 2016, sur Google: https://www.google.be/maps

Greenotec. (2007, Février 26). *Mélange d'espèces 2006.* Consulté le Mars 3, 2016, sur Greenotec: http://www.greenotec.be/pages/recherche/cultures-intermediaires-essais-et-suivis/melange-d-especes-2006/melange-d-especes-2006.html

Greenotec. (2012, Septembre 12). Court-Saint-Étienne, Brabant Wallon, Belgique: Greenotec.

Greenotec. (2015, Juillet 7). Wasmes, Hainaut, Belgique: Greenotec.

Greenotec. (2015, Octobre 1). Court-Saint-Étienne, Brabant-Wallon, Belgique: Greenotec.

Guy, D. (2016, Mars 17). *Easy Drill.* Consulté le Mars 17, 2016, sur Sky agriculture: http://sky-agriculture.com/?-Easy-Drill-

Herve, G. (2015, Octobre 12). *Claydon Drill offre une autre vision des techniques de semis simplifié.* Consulté le Mars 17, 2016, sur Wikiagri.fr: http://wikiagri.fr/articles/claydon-drill-offre-une-autre-vision-des-techniques-de-semis-simplifie/6226

Horsch. (2015). *Pronto, Technique de semis universelle pour toutes les conditions.* Consulté le Mars 3, 2015, sur Horsch: https://www.horsch2.com/fileadmin/fm-dam/Downloads/public-Downloads/Brochures/fr-French/BR_Pronto_2015_fr.pdf.

Hupin, F., & Dewez, A. (2004). *Les livrets de l'agriculture, mieux gérer les cultures intercalaires.* Jambes: Direction générale de l'agriculture.

Labreuche, J. (2014, Mai). Le semis sous la barre de coupe peut-être la solution. *Cultivar*, p. 42.

Merchier, M. (2016, Février 23). *Présentation de ASBL Greenotec*. Consulté le Février 23, 2016, sur Agriculture de conservation des sols, Greenotec: http://www.greenotec.be/pages/presentation.html

Merchier, M., De Toffoli, M., & Imbrecht, O. (2012-2013). *Essai comparatif de différentes intercultures courtes précédant un semis de froment d'hiver.* Mons: Greenotec.

Merchier, M., De Toffoli, M., & Imbrecht, O. (2014-2015). *Essai comparatif de différentes intercultures courtes précédant un semis de froment d'hiver.* Mons: Greenotec.

Métais, P. (2015, Juin). Cultures intermédiaires, mieux maîtriser l'enherbement. *Perspectives agricoles*, pp. 32-36.

Michel, D. (2016, Mars 9). Aphanomycès. Troyes, Aube, France.

Minette, S. (2009). *Liste cultures intermédiaires.* Poitou-Charentes: Chambre d'agriculture de Poitou-Charentes.

Moussart, A., Even, M., & Tivoli, B. (2011). *Evaluation du niveau de résistance intrinsèque de différentes espèces.* Rennes: INRA.

Serpantié, B. (2012, Aout). Nouveautés, Claydon, En direct avec les dents. *Matériel agricole*, pp. 14-15.

Synagra. (2016, Août 19). *cotation culture*. Consulté le Août 19, 2016, sur Synagra: http://www.synagra.be/agriculturalprices.aspx?lang=fr

Thomas, F. (2009, Juin/Juillet/Août). Couverts végétaux, produire et développer la fertilité des sols. *Techniques culturales simplifiées*, p. 10.

Thomas, F., & Archambeaud, M. (2013). *Les couverts végétaux, Gestion pratique de l'interculture.* Paris: France Agricole.

Poster

Impacts et gestions de différentes intercultures courtes entre une culture de pois de conserverie et une culture de froment

Étudiant: CLOET Simon
Promoteur: FALYS Hugues
Maître de stage: MERCHIER Maxime

PROVINCE de NAMUR Enseignement & Formation
Greenotec ASBL – Agriculture de conservation des sols

Finalité: Technique et Gestion Agricole
Année académique: 2015-2016

Objectif :

La culture du pois de conserverie laisse derrière elle un profil riche en azote. Pour profiter au maximum de cet azote, une interculture courte est implantée. Trois objectifs principaux sont recherchés:

- Diminuer la fumure azotée sur le froment qui suit
- Trouver la méthode la plus économique pour détruire le couvert et implanter le froment
- Transformer les obligations environnementales en un vrai atout agronomique, économique et écologique

Matériel et méthode :

Essai sur les saisons culturales 2014-2015 et 2015-2016:

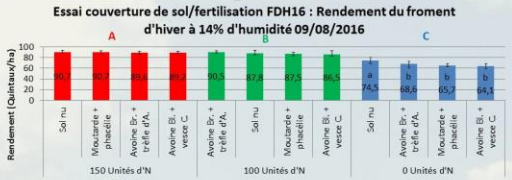
- Essai destruction
- Essai couverture de sol
  + Essai fertilisation sur l'année culturale 2015-2016

Mesures réalisées:

- Biomasse des couverts végétaux
- Comptage des levées du froment
- Comptage des épis de froment
- Profil azoté
  → À la récolte de la culture du pois
  → À la destruction des couverts
  → Au printemps
  → À la récolte du blé
- Rendement et qualités technologiques du froment

Résultats :

Rendement du froment pour l'essai fertilisation:



- Les 3 fumures azotées ont un impact sur le rendement
- La modalité sol nu dans la fumure témoin donne de meilleurs rendements
  → Phénomène de faim d'azote pour les sols couverts

Rentabilité des 3 types de fumures azotées:

	Fertilisation		
	0 Unités d'azote	100 Unités d'azote	150 Unités d'azote
Rendement moyen (t/ha)	6,8	8,8	9,0
Gain de rendement (t/ha)		2,0	0,2
Coût de la fumure azotée supplémentaire (N27% à 0,29€/kg)		107,41 €	53,70 €
Produit supplémentaire grâce au gain de rendement (froment à 136€/t)		270,01 €/ha	27,01 €/ha
Rentabilité de la fertilisation supplémentaire		162,60 €/ha	-26,70 €/ha

- Le niveau de fumure de 150 U est pas rentable par rapport aux 100 U apportées

Rentabilité des modalités de destruction et de semis:

	Coût du semis et de la destruction détaillé (€/ha)	Coût du semis et de la destruction total (€/ha)	Rendement du froment (t/ha)	Produit (vente des graines à 136€/t)	Résultat (produit - coût de destruction et de semis)
Rouleau barre + semis direct à disque	10 + 55	65,00 €	8,59	1 168 €	1 103 €
Semis direct à disque	55	55,00 €	9,14	1 243 €	1 188 €
Broyeur + semis direct à dent	42 + 45	87,00 €	8,77	1 193 €	1 106 €
Broyeur + déchaumage à dent + rotative semoir	42 + 31 + 73	146,00 €	8,64	1 175 €	1 029 €
Déchaumeur à disque + semoir Horsch Pronto	29 + 55	84,00 €	8,98	1 221 €	1 137 €
Broyeur + charrue express Perrein + rotative semoir	42 + 67 + 73	182,00 €	9,09	1 236 €	1 054 €
Broyeur + rotative semoir	42 + 73	115,00 €	8,79	1 195 €	1 080 €

- Aucune différence significative de rendement du blé selon la technique utilisée
- Le semis direct à disque étant le moins coûteux, Cette technique de destruction et de semis combiné est donc la plus rentable

Conclusion et perspectives :

→ De très bon rendements peuvent être obtenu avec une fumure azoté modérée (100 U). Plusieurs années d'essai permettraient de confirmer ce résultat.

→ La technique semis direct à disque donne le meilleur résultat économique. La répétition de cet essai permettrait la fiabilité des résultats. En effet, les conditions climatiques changent énormément d'année en année.

Sources : Photo arrière plan, et résultats : Cloet Simon

CENTRE PROVINCIAL DE L'AGRICULTURE ET DE LA RURALITE.
17, rue Saint-Nicolas B-1310 La Hulpe
Tél: 02/656 09 70 - Fax: 02/652 03 06
Membre de REQUASUD

Greenotec ASBL
Monsieur
Rue de Nimy, 46
7000 Mons

BULLETIN D'ANALYSE CHIMIQUE DE TERRE (BA N° T16/2456)

Date d'échantillonnage:	28/04/16	Echantillonneur:	Le demandeur	N°d'analyse chimique:	T16/2456
Date de réception:	29/04/16	N°de boîte:			
Date d'édition:	12/05/16	Profondeur de prélèvement:	20 cm		
Dates d'analyses:	Du 29/04/16 au 12/05/16	Etat de l'échantillon à la réception:	Bon		

1. Renseignements concernant la parcelle.

Nom de la parcelle : **Court-St-Etienne**
Superficie: **Non communiqué** Texture: **Limon**

2. Renseignements concernant l'échantillonnage.

Echantillonnage réalisé par le demandeur

3. Renseignements phytotechniques.

Culture précédente: **POIS A COSSE**
Culture projetée: **FROMENT D'HIVER**

4. Tableaux des résultats.

Prétraitement des échantillons: Méthode dérivée de ISO 11464.
Nature de l'extractif (cations et phosphore) Acétate d'ammonium 0,5N - EDTA 0,02M, pH 4,65

Eléments	Méthodes	Teneurs	Appréciations [1]	Zone de référence [1]
Phosphore P P. soluble à l'eau	Colorimétrie au bleu de Molybdène	11,7 mg/100g mg/100g	Elevé	4,6 - 7,5 mg/100g
Potassium K Magnésium Mg Calcium Ca	Spectrophotométrie d'absorption atomique dans la flamme	20 mg/100g 14 mg/100g 217 mg/100g	bon très élevé	14 - 21 mg/100g 7 - 10 mg/100g
▸▸pH_KCl 1N:	NF ISO 10390	▸▸ 6,7	neutre	pH_KCl Idéal: 6,4
Rapport K/Mg Rapport Ca/Mg	Valeur calculée	1 16	équilibré équilibré	
▸▸Carbone organique ▸▸Humus	Dérivée de NF ISO 10694 Valeur calculée: Carbone organique x2. D.W. Pribyl-2010	▸▸ 14 g/kg ▸▸ 2,9 %	très bon	

[1] Les zones de référence et les interprétations sont basées sur des essais effectués dans le cadre de la Commission des Sols de Wallonie par Ir A.Descamps. (Essais non publiés)
L'incertitude de mesure sur les résultats d'analyses et d'échantillonnage accrédités peut être obtenue sur simple demande.

▸▸ Analyses réalisées sous accréditation BELAC.

N° 280-TEST
Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis aux analyses. Ce rapport doit être reproduit dans son intégralité.

N° échantillon : T16/2456

Greenotec ASBL
Rue de Nimy, 46
7000 Mons

Paramètres	Méthodes	Teneurs	Appréciations [1]	Zone de référence [1] (mg/kg)
Fer Fe Manganèse Mn Cuivre Cu Zinc Zn Sodium Na	Spectrophotométrie d'absorption atomique dans la flamme			
Azote total Carbone/Azote Chlorure de sodium Conductivité ▸▸ pH_eau Capacité d'échange cationique	Valeur calculée. Méthode de Mohr ISO 11265 NF ISO 10390 Dérivée de ISO 23470	▸▸ 7,3		

[1] Les zones de référence et les interprétations sont basées sur des essais effectués dans le cadre de la Commission des Sols de Wallonie par Ir A.Descamps. (Essais non publiés)
L'incertitude de mesure sur les résultats d'analyses et d'échantillonnage accrédités peut être obtenue sur simple demande.

La Responsable a.i. du pôle Laboratoire d'analyses agricoles,
Ir. P. Lizin

5. Avis de fumure non couvert par l'accréditation.

Fumures conseillées (U/ha)

Cultures	Phosphore	Potassium	Magnésium	Calcium
FROMENT D'HIVER	0	0	0	0

A titre indicatif, la fumure azotée à prévoir pour la culture envisagée est de 155 unités d'azote par ha. Appliquer l'azote en 3 passages.

Remarque: si vous ne comprenez pas un résultat ou si vous désirez demander un complément d'information, n'hésitez pas à nous contacter au 02/656 09 70.

La Responsable du pôle Agronomie générale et formation,
Ir. P. Lizin

Vos données seront enregistrées et conservées dans un fichier destiné à l'édition des bulletins et de la facture. Vous pouvez, à tout moment, consulter, compléter, rectifier ou faire supprimer les données vous concernant. Il vous suffit d'en faire la demande par courrier à la Province du Brabant wallon, Parc des Collines – Bâtiment Archimède, avenue Einstein, 2 à 1300 Wavre, par fax au 010/23.62.89 ou par mail (agriculture@brabantwallon.be). Seules les coordonnées géographiques couplées aux résultats d'analyses de vos parcelles agricoles peuvent être transmises à l'asbl REQUASUD afin d'établir des statistiques rendues anonymes de l'état des sols wallons.

▸▸ Analyses réalisées sous accréditation BELAC.

N° 280-TEST
Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis aux analyses. Ce rapport doit être reproduit dans son intégralité.

Annexe 2 : Bulletin d'analyse granulométrique de terre

CENTRE PROVINCIAL DE L'AGRICULTURE ET DE LA RURALITE.
17, rue Saint-Nicolas B-1310 La Hulpe
Tél: 02/656 09 70 - Fax: 02/652 03 06
Membre de REQUASUD

Greenotec ASBL
Monsieur
Rue de Nimy, 46

7000 Mons

BULLETIN D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE DE TERRE

BA N° G16/0653

Date d'échantillonnage:	**28/04/16**	Echantillonneur:	**Le demandeur**	N°d'analyse chimique:	**T16/2456**
Date de réception:	**29/04/16**			N°d'analyse granulométrique:	**G16/0653**
Date d'édition:	**12/05/16**	Profondeur de prélèvement:	**20 cm**		
Dates d'analyses:	**Du 29/04/16 au 12/05/16**	Etat de l'échantillon à la réception:	**Bon**		

1. Renseignements concernant la parcelle.

Nom de la parcelle : **Court-St-Etienne**
Superficie: **Non communiqué** Texture: **Limon fin**

2. Renseignements concernant l'échantillonnage.

Echantillonnage réalisé par le demandeur

3. Renseignements phytotechniques.

Culture précédente : **POIS A COSSE**
Culture projetée: **FROMENT D'HIVER**

4. Résultats de l'analyse.

Analyses réalisées sous accréditation BELAC.
Prétraitement des échantillons: méthode dérivée de ISO 11464.
L'incertitude de mesure sur les résultats d'analyses et d'échantillonnage peut être obtenue sur simple demande.
Résultats d'analyse granulométrique exprimés sur matière sèche décarbonatée.

Argile % < 0,002 mm	Limon fin % 0,002 - 0,02 mm	Limon grossier % 0,02 - 0,05 mm	Sable fin % 0,05 - 0,2 mm	Sable grossier % 0,2 - 2 mm
14,8	24,7	48,7	9,0	2,7

Méthodes Granulométrie: Dérivée de NF X 31-107.

Résultats d'analyses chimiques de caractérisation.

pH_KCl 1N	pH_eau	Carbone organique	Humus
6,7	7,3	14 g/kg	2,9 %
NF ISO 10390		Dérivée de NF ISO 10694	Valeur calculée: Carbone organique x2 D.M. Pétyo 2010

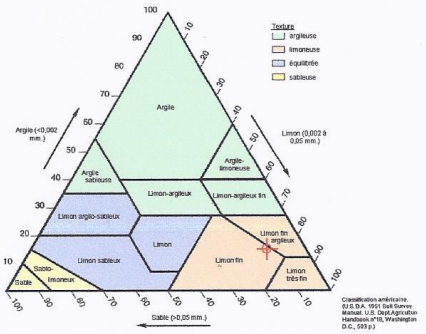
N° 280-TEST
Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis aux analyses. Ce rapport doit être reproduit dans son intégralité.
Page 1/3

BA N° G16/0653

Greenotec ASBL Monsieur
Rue de Nimy, 46
7000 Mons

5. Triangle textural.

La texture (ou composition granulométrique) exprime les proportions relatives des particules minérales de la terre fine tamisée à 2 mm et classée par catégorie de grosseurs conventionnelles.
Les résultats sont reportés sur le triangle ci-contre afin de déterminer la zone d'appartenance de la terre soumise à l'analyse.



Argile % < 0,002 mm	Limon fin et grossier % 0,002 - 0,05 mm	Sable fin et grossier % 0,05 - 2 mm
14,8	73,5	11,8

La Responsable a.i. du pôle Laboratoire d'analyses agricoles,
Ir. P. Lizin

N° 280-TEST
Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis aux analyses. Ce rapport doit être reproduit dans son intégralité.
Page 2/3

BA N° G16/0653

Greenotec ASBL Monsieur
Rue de Nimy, 46
7000 Mons

6. Avis non couvert par l'accréditation.

Le sol est : **Limon fin**

Le sol appartient à une texture "limoneuse" (point reporté sur le triangle).
Le sol est assez battant et présente des risques d'instabilité structurale.
Il est conseillé de pratiquer la politique du bilan compensatoire de l'humus sur ce sol afin d'y maintenir une bonne stabilité structurale. En effet, ces sols sont riches en limons susceptibles de colmater la porosité existante. C'est pourquoi il faut maintenir en place un bon complexe argilo-humique par la restitution de sous produits des cultures (ex: pailles hachées, verts de bettraves,...), par l'addition de fumiers et par l'enfouissement d'engrais verts ou l'ajout de compost de votre provenance.

Pour toute question complémentaire, n'hésitez pas à nous contacter au 02/656.09.70

La Responsable du pôle Agronomie générale et formation,
Ir. P. Lizin

Vos données seront enregistrées et conservées dans un fichier destiné à l'édition des bulletins et de la facture. Vous pouvez, à tout moment, consulter, compléter, rectifier ou faire supprimer les données vous concernant. Il vous suffit d'en faire la demande par courrier à la Province du Brabant wallon, Parc des Collines – Bâtiment Archimède, avenue Einstein, 2 à 1300 Wavre, par fax au 010/23.62.69 ou par mail (agriculture@brabantwallon.be). Seules les coordonnées géographiques couplées aux résultats d'analyses de vos parcelles agricoles peuvent être transmises à l'asbl REQUASUD afin d'établir des statistiques nivelées anonymes de l'état des sols wallons.

Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis aux analyses. Ce rapport doit être reproduit dans son intégralité.
Page 3/3

Annexe 3 : Coût moyen d'utilisation du matériel (FDSEA, 2016)

Barème d'entraide – Matériels 2015-2016

(Tarifs moyens par type de chantier)

Les prix du barème ont été élaborés à partir de données du tarif d'entraide, d'études économiques réalisées par des conseillers en mécanisation de la région picarde.
Ils ont été vus, discutés et approuvés par des conseillers spécialisés.

Le coût horaire actuel varie de 16 à 23 euros toutes charges comprises.

Le prix du Gazole Non Routier (GNR) retenu dans les calculs est de 0,65 € hors Taxes sans récupération de la TIPP. Il correspond au prix moyen du GNR(obligatoire depuis mai 2012) sur le premier semestre 2015. Avec l'arrivée des nouveaux moteurs avec la technologie SCR, nous avons intégré le prix de la solution aqueuse d'urée synthétique (AdBlue) au prix de 0.45 €/l HT pour 1000 L.

Ces tarifs sont indicatifs et sont une base de négociation. Le nombre d'heures effectué par an de l'appareil a un impact important sur son coût horaire ou hectare.

Que comprend-il, que faut-il y ajouter ?

- Toutes les offres de services comprennent matériels, traction, main d'œuvre.
- Les prix indiqués comprennent le carburant.

Tableau des taux de TVA pour de la prestation
(pas de TVA en entraide)

TVA 10 %	TVA 20 %
Travail du sol (labour, déchaumage, préparation de sol, binage, …) **Récolte** (moisson, pressage de pailles, arrachage de pommes de terre…)	**Semis et plantations** **Traitements** **Epandages** (fumiers, lisiers, engrais…)

PREPARATION DE SOL

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Labour	5 corps Vari large	67 €/ha
Déchaumage	Déchaumeur 4 m combiné dents + disques sécurité non stop	31 €/ha
Déchaumage	Déchaumeur rapide disques indépendants 4 m	29 €/ha
Reprise profonde	Pulvériseur 4.10 m 36 disques	38 €/ha
Décompactage	Décompacteur 3 m 6 lames	75 €/ha
Vibroculteur	Vibroculteur 6 m rouleaux cage, pliage hydraulique	19 €/ha
Rouleaux	Rouleau Cambridge 6-8 m	19 €/ha
Tracteur (sans main d'œuvre)	110 CV	19 €/h
Tracteur (sans main d'œuvre)	150 CV	28 €/h
Tracteur (sans main d'œuvre)	190 CV	36 €/h

DIVERS

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Broyeur (axe horizontal) 3 m ou 'giro' 360 cm	42 €/ha
Débroussaillage (Rotor 1.20 m)	59 €/h
Déterreur	2.5 €/tonne
Quad	30 à 36.50 €/h
Semoir type « delimbe »	0.5 €/ha ou 7.6 €/heure

RECOLTE

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Arrachage pommes de terre (2 rangs simplifiés)	211 à 382 €/ha
Arrachage betteraves (4Rm > 300 CV) 6 rang	177 à 233 €/ha
Arrachage betteraves Intégrale >500 CV	189 à 290 €/ha
Moisson céréales	90 à 131 €/ha
Moisson de colza ou pois (coupe avancée)	99 à 145 €/ha
Moisson de maïs 8 rangs	110 à 159 €/ha
Ensilage 290 à 700 CV	125 à 170 €/ha
Retourneuse de lin (40 CV & 70 CV)	107 à 146 €/ha 186 à 276 €/ha
Arracheuse de lin (2 rangs)	117 à 140 €/ha

FOURRAGES ET PAILLES

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Rotative 2,4 m 6 disques	48 €/ha
Faneur andaineur 3 m	30 €/ha
Disques conditionneur à doigts trainée 3 m	44 €/ha
Presse balle ronde (sans ficelle)	3.6 à 5.20 €/balle
Presse petites bottes (sans ficelle)	0.18 à 0.24 €/botte
Presse balle carrée (sans ficelle)	3.85 à 6.70 €/balle
Enrubannage	4.50 €/balles sans le film

Liage ficelle : 0,36 € / balle en Ø 120 - 0,48 € / balle en Ø 160 - 0,54 €/ balle en Ø 180

Liage filet : 0,47 € / balle en Ø 120 avec 2,5 tours - 0,75 € / balle en Ø 160 avec 3 tours - 0,85 € / balle en Ø 180 avec 3 tours

Liage ficelle : 0,80 € / balle rectangulaire

Film enrubannage : 2,76 € / balle en Ø 120 x 210

SEMIS - FERTILISATION - TRAITEMENT

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Binage betteraves	Portée arrière 6 rangs 7 éléments	34 €/ha
Buttage pommes de terre	avec disques 4 rangs	40 €/ha
Buttage pommes de terre	Buttense par fraise 4 rangs	100 €/ha
Tamiseuse 1.8 m		205 €/ha
Distribution d'engrais	Appareils centrifuges bidisques 24 à 36 m DPAE Pesée	8 €/ha
Epandage de Lisier	Tonne 15.5 m3	41 €/voyage
Plantation pommes de terre	4 rangs	95 €/ha
Plantation pommes de terre	4 rangs à courroies	110 €/ha
Traitements	avec pulvérisateurs traînés 30 m	12 €/ha
Semis de céréales	Herse rotative & semoir pneumatique 3 m + équipement avant	73 €/ha
Semis de betteraves	12 rangs repliable	36 €/ha
Semis de maïs	Distribution pneumatique 6 rgs	36 €/ha
Semis direct	Semoir pour techniques simplifiées à disques Pneumatique + équipement avant	55 €/ha
Semis direct	Semis pour techniques simplifiées direct à dents vibrantes pneumatique / 3 m + équipement avant	45 €/ha
Epandage fumier (13 t)	2 hérissons verticaux	27 €/voyage

MANUTENTION ET TRANSPORT

Traction, gasoil et main d'œuvre compris

Tracteur benne + chauffeur	6-8 t	45 €/h
Tracteur benne + chauffeur	10-12 t	50 €/h
Tracteur benne + chauffeur	16-18 t	60 €/h
Chargeur automoteur télescopique	110 CV	42 €/h