Évaluation de la vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) et du seigle d'automne (*Secale cereale* L.) comme paillis de couverture pour maîtriser les mauvaises herbes dans les cucurbitacées

Mémoire

David Miville

Maîtrise en biologie végétale
Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© David Miville, 2015

Résumé

L'utilisation d'un paillis de couverture de seigle d'automne (*Secale cereale* L.) a un énorme potentiel pour maîtriser les mauvaises herbes. Cependant, sa dégradation cause une immobilisation de l'azote dans le sol. Des essais ont été mis en place en 2012-13 et 2013-14 chez les cucurbitacées (citrouille et courge spaghetti) (*Cucurbita pepo* L.) afin d'évaluer si l'ajout de vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) au seigle est un moyen efficace pour contrer cette immobilisation. Les essais ont démontré que, par sa faible survie à l'hiver, la vesce velue n'apporte aucun bénéfice. Les paillis formés à la pleine floraison du seigle procurent une excellente maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison. L'utilisation de glyphosate préalablement au passage du rouleau crêpeur est nécessaire pour obtenir une croissance et un rendement adéquats des cucurbitacées. La combinaison de ces deux facteurs permet d'obtenir des résultats comparables à un traitement témoin désherbé sans paillis.

Table des matières

Résumé iii
Liste des tableaux ix
Liste des figures xiii
Remerciements xvii
Introduction générale 1
1. Revue bibliographique 3
1.1. La citrouille et la courge spaghetti 3
1.1.1. Description agronomique 4
1.1.2. Régie de culture 5
1.1.2.1. Précédent cultural 5
1.1.2.2. Semis 5
1.1.2.3. Sols et fertilisation 6
1.1.2.4. Insectes et maladies 7
1.1.2.5. Pollinisation et fructification 8
1.1.2.6. Récolte 8
1.2. La gestion des mauvaises herbes 9
1.2.1. Particularités des cucurbitacées 9
1.3. Méthodes de désherbage 10
1.3.1. Désherbage mécanique 10
1.3.2. Désherbage chimique 10
1.3.3. Autres méthodes 11
1.4. Le seigle d'automne comme culture de couverture 14
1.4.1. Lutte physique 15
1.4.2. L'allélopathie du seigle 16
1.5. L'implantation d'un paillis de seigle d'automne 17
1.5.1. Le semis 17
1.5.2. La biomasse sèche visée 18
1.5.3. Formation du paillis 19
1.6. Semis direct de cucurbitacées sur paillis de seigle d'automne 22
1.6.1. Maîtrise des mauvaises herbes et effets sur la culture principale 22
1.7. Potentiel négatif d'un paillis de seigle d'automne 23
1.8. La vesce velue 25
1.9. Paillis formé de seigle d'automne et de vesce velue 25
1.10. Hypothèse et objectifs 27
2. Utilisation de la vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) et du seigle d'automne (*Secale cereale* L.) pour maîtriser les mauvaises herbes dans la citrouille et la courge spaghetti (*Cururbita pepo* L.) 29
2.1. Introduction 29
2.2. Matériel et méthodes 31
2.2.1. Localisation et caractéristiques des sites expérimentaux 31
2.2.2. Mise en place des parcelles expérimentales 32
2.2.3. Variables à l'étude 35
2.2.3.1. Biomasse sèche et caractérisation botanique du paillis de couverture 36
2.2.3.2. Recouvrement du paillis de couverture 36

2.2.3.3. Recouvrement des mauvaises herbes 36
2.2.3.4. Biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes 36
2.2.3.5. Stade de développement de la culture 37
2.2.3.6. Biomasse sèche aérienne des plants 37
2.2.3.7. Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits 37
2.2.4. Analyses statistiques 39
2.3. Résultats et discussion 41
2.3.1. Le paillis de couverture 42
2.3.1.1. La survie à l'hiver du paillis de couverture 42
2.3.1.2. La biomasse sèche du paillis de couverture 42
2.3.1.3. Le recouvrement du paillis de couverture 48
2.3.2. La maîtrise des mauvaises herbes 55
2.3.2.1. Le recouvrement des mauvaises herbes 56
2.3.2.2. La biomasse sèche des mauvaises herbes 69
2.3.3. La culture principale 85
2.3.3.1. Le stade de développement des plants 85
2.3.3.2. La biomasse sèche aérienne des plants 91
2.3.3.3. Le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits 94
Conclusion 103
Bibliographie 105
Annexes 109
Annexe 1 : Illustration d'une année-site 109
Annexe 2 : Photographie d'une parcelle expérimentale 110
Annexe 3 : Matrice des comparaisons simples *a priori* 111
Annexe 4 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 112
Annexe 5 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 113
Annexe 6 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2013 114
Annexe 7 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2014 115
Annexe 8 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 116
Annexe 9 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 117
Annexe 10 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 118

Annexe 11 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 119
Annexe 12 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 120
Annexe 13 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 121
Annexe 14 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2013 122
Annexe 15 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2014 123
Annexe 16 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 124
Annexe 17 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 125
Annexe 18 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 126
Annexe 19 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 127
Annexe 20 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des citrouilles à Saint-Augustin en 2013 128
Annexe 21 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des citrouilles à Saint-Augustin en 2014 129
Annexe 22 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2013 130
Annexe 23 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2014 131
Annexe 24 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des citrouilles à Saint-Augustin en 2013 132
Annexe 25 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 133
Annexe 26 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 134

Annexe 27 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des citrouilles à Saint-Augustin en 2014..... 135
Annexe 28 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014..... 136
Annexe 29 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 137
Annexe 30 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2013 138
Annexe 31 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013..... 139
Annexe 32 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 140
Annexe 33 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2014 141
Annexe 34 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014..... 142
Annexe 35 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 143

Liste des tableaux

Tableau 2.1 Coordonnées GPS des sites expérimentaux 31
Tableau 2.2 Caractéristiques édaphiques des sites expérimentaux pour les deux années à Saint-Augustin-de-Desmaures 32
Tableau 2.3 Caractéristiques édaphiques des sites expérimentaux pour les deux années à Beauport 32
Tableau 2.4 Traitements du protocole expérimental 33
Tableau 2.5 Dates d'interventions pour la formation des paillis en 2012-2013 34
Tableau 2.6 Dates d'interventions pour la formation des paillis en 2013-2014 35
Tableau 2.7 Dates de notation des variables étudiées à Saint-Augustin dans la citrouille et la courge spaghetti en 2013 et 2014 38
Tableau 2.8 Échelle des stades de développement des cucurbitacées 38
Tableau 2.9 Comparaisons simples *a priori* avec les traitements associés 40
Tableau 2.10 Modèle de l'ANOVA combinée des deux années pour une culture à un site. 41
Tableau 2.11 Modèle de l'ANOVA pour une culture à un site et une année 41
Tableau 2.12 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 43
Tableau 2.13 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Beauport en 2013 43
Tableau 2.14 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à St-Augustin en 2014 44
Tableau 2.15 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Beauport en 2014 44
Tableau 2.16 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 46
Tableau 2.17 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 46
Tableau 2.18 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 47
Tableau 2.19 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 47
Tableau 2.20 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 48
Tableau 2.21 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la citrouille à Beauport en 2014 49
Tableau 2.22 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 52
Tableau 2.23 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 52
Tableau 2.24 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le recouvrement des mauvaises herbes 56

Tableau 2.25 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Beauport pour le recouvrement des mauvaises herbes 57
Tableau 2.26 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le recouvrement des mauvaises herbes 64
Tableau 2.27 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Beauport pour le recouvrement des mauvaises herbes..... 64
Tableau 2.28 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes..... 70
Tableau 2.29 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Beauport pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes 70
Tableau 2.30 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 semaines après l'émergence de la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014..... 73
Tableau 2.31 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 semaines après l'émergence de la citrouille à Beauport en 2013 et 2014 74
Tableau 2.32 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014..... 75
Tableau 2.33 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la citrouille à Beauport en 2014 75
Tableau 2.34 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 76
Tableau 2.35 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la citrouille à Beauport en 2014..... 76
Tableau 2.36 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes 77
Tableau 2.37 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Beauport pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes 78
Tableau 2.38 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 SAE de la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014..... 81
Tableau 2.39 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 SAE de la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014..... 82
Tableau 2.40 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014..... 83
Tableau 2.41 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 83
Tableau 2.42 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 84
Tableau 2.43 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la courge spaghetti à Beauport en 2014 84
Tableau 2.44 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années à Saint-Augustin pour le stade de développement des plants de citrouille..... 85
Tableau 2.45 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années à Saint-Augustin pour le stade de développement des plants de courge spaghetti 88
Tableau 2.46 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne des plants de citrouille à Saint-Augustin en 2014..... 91
Tableau 2.47 Biomasse sèche aérienne des plants de citrouille à Saint-Augustin en 2014 . 91

Tableau 2.48 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 93
Tableau 2.49 Biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 93
Tableau 2.50 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le rendement 95
Tableau 2.51 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le nombre de fruits par plant 95
Tableau 2.52 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le calibre des fruits 95
Tableau 2.53 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 96
Tableau 2.54 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014 97
Tableau 2.55 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le rendement 99
Tableau 2.56 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le nombre de fruits par plant 100
Tableau 2.57 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le calibre des fruits 100
Tableau 2.58 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 101
Tableau 2.59 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014 101

Liste des figures

Figure 1.1 Illustration d'un rouleau crêpeur en action.....20
Figure 1.2 Paillis uniforme formé à l'aide d'un rouleau crêpeur.....21
Figure 2.1 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture roulé au stade Zadoks 51 comparée au stade Zadoks 69 dans la citrouille aux deux sites en 2014 49
Figure 2.2 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture traité au glyphosate comparée à celui non traité au glyphosate dans la citrouille aux deux sites en 2014 50
Figure 2.3 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture de seigle pour chaque traitement individuel dans la citrouille aux deux sites en 2014 50
Figure 2.4 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture roulé au stade Zadoks 51 comparée au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014 53
Figure 2.5 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture traité au glyphosate comparée à celui non traité au glyphosate dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014 54
Figure 2.6 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture de seigle pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014 54
Figure 2.7 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014.....58
Figure 2.8 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014 58
Figure 2.9 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014.....59
Figure 2.10 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014 59
Figure 2.11 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014.....60
Figure 2.12 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014 60
Figure 2.13 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014 65
Figure 2.14 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014.....65
Figure 2.15 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014.....66
Figure 2.16 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014 66

Figure 2.17 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014 67
Figure 2.18 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014 67
Figure 2.19 Évolution du stade de développement (1 à 7) des citrouilles dans les parcelles traitées avec glyphosate comparée à celles non traitées avec glyphosate à Saint-Augustin en 2013 et 2014 86
Figure 2.20 Évolution du stade de développement (1 à 7) des citrouilles dans les parcelles du traitement Zadoks 69 + glyphosate comparée à celles du traitement témoin désherbé à la main à Saint-Augustin en 2013 et 2014. 86
Figure 2.21 Évolution du stade de développement (1 à 7) des courges spaghetti dans les parcelles traitées avec glyphosate comparée à celles non traitées avec glyphosate à Saint-Augustin en 2013 et 2014..... 89
Figure 2.22 Évolution du stade de développement (1 à 7) des courges spaghetti dans les parcelles du traitement Zadoks 69 + glyphosate comparée à celles du traitement témoin désherbé à la main à Saint-Augustin en 2013 et 2014. 89

À ma conjointe et mes parents, pour leur support inconditionnel.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. En premier lieu, je tiens à remercier sincèrement mon directeur, le Dr Gilles D. Leroux professeur au Département de phytologie de l'Université Laval pour sa disponibilité durant tout mon cheminement universitaire, sa grande expertise et sa passion qu'il a su me transmettre.

Je tiens aussi à remercier Madame Susanne Buhler, professionnelle de recherche au Département de hytologie de l'Université Laval, pour sa grande disponibilité et son assistance technique. Je remercie aussi Messieurs Francis Gagnon, Marc Bourgeois et Jérôme Aubin pour leur assistance technique sur le terrain ainsi que tous les étudiants de premier cycle qui ont participé aux travaux de champ.

Un merci tout particulier au Dre Monique Poulin, professeure au Département de phytologie de l'Université Laval, pour m'avoir permis de me joindre à son équipe à l'été 2011 et ainsi vivre ma première expérience en recherche. Je voudrais aussi la remercier pour les nombreuses lettres de référence accompagnant mes demandes de bourses.

Je remercie également Monsieur François Demers agronome, pour m'avoir transmis sa passion pour les productions maraîchères, pour m'avoir donné probablement le stage le plus formateur que j'aurais pu faire et pour avoir répondu à mes nombreuses questions, même lorsque je n'étais plus à son emploi.

Je veux tout particulièrement remercier mes parents qui ont toujours cru en moi et qui m'ont toujours encouragé dans mon cheminement scolaire, peu importe mes choix. Merci.

Je veux profondément remercier ma conjointe, Jessica. Pour ton soutien moral, ton appui, ta patience, pour tous ces soirs et toutes ces fins de semaine à la maison à étudier tandis qu'il faisait un soleil radieux à l'extérieur, nous pouvons maintenant débuter une nouvelle étape et réaliser tous nos projets.

Je souhaite remercier le Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada (CRSNG) et le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT) pour leur soutien financier.

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture.

Introduction générale

La gestion des mauvaises herbes est une préoccupation continuelle et de très haute importance en agriculture. Des pertes de rendement significatives et une diminution marquée de la qualité des récoltes résultent d'une compétition avec les mauvaises herbes pour les ressources du milieu. Ceci est d'autant plus vrai chez les productions maraîchères qui sont des productions à très haute valeur commerciale. Les coûts de production étant très élevés, une diminution du rendement et de la qualité des récoltes sont à éviter absolument.

La citrouille (*Cucurbita pepo* L. *subsp. pepo*) et la courge spaghetti (*Cucurbita pepo* L.) ont la particularité d'être des cultures à écartement très large entre les rangs et à grand espacement sur le rang. Il leur faut donc beaucoup de temps pour occuper tout cet espace. Cela laisse tout le temps nécessaire aux mauvaises herbes pour bien s'installer et compétitionner avec la culture principale. Le sarclage manuel dans ces cultures se fait difficilement. Leurs racines sont superficielles et les tiges commencent à ramper très tôt en saison sans que les feuilles ne soient assez développées pour faire ombrage aux mauvaises herbes (Bodnar et Fitts, 2000; La France, 2000). De plus, très peu d'herbicides efficaces sont homologués dans la citrouille et la courge spaghetti au Canada (Bodnar et Fitts, 2000; Kemble et *al*., 2000). Le développement de nouvelles techniques afin de maîtriser efficacement les mauvaises herbes dans ces cultures est donc primordial.

1. Revue bibliographique

Afin de bien comprendre la problématique reliée à l'utilisation du seigle d'automne (*Secale cereale* L.) comme culture de couverture ainsi que les avantages de son utilisation en combinaison avec la vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) dans la lutte aux mauvaises herbes, il est important de comprendre : 1) la régie de culture de la citrouille et de la courge spaghetti; 2) l'utilisation du seigle d'automne comme culture de couverture; et 3) le potentiel de la vesce velue en combinaison au seigle d'automne.

1.1. La citrouille et la courge spaghetti

Les cucurbitacées sont les cultures maraîchères ayant connu la plus grande croissance au Canada entre 1986 et 2001. Leur superficie ensemencée a plus que doublé durant cette période. Elles sont donc passées de la quatorzième culture légumière en importance au Canada à la septième, derrière la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), le maïs sucré (*Zea mays* L.), le petit pois (*Pisium sativum* L. var. *sativum*), le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et la carotte (*Daucus carota* L.). En 2001, 2850 fermes au Canada cultivaient des cucurbitacées sur une superficie totalisant 5742 hectares (Dornan, 2004). En 2006, ce nombre avait augmenté à 6668 hectares en culture au Canada répartis dans 3356 fermes (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012). En 2001, le Québec était la deuxième province en importance derrière l'Ontario avec 1467 ha en culture. La culture de cucurbitacées produit des retombés économiques d'environ 22 millions de dollars pour les producteurs canadiens. Cela reste relativement peu si l'on compare aux 961 millions de dollars générés par la pomme de terre (Dornan, 2004).

La croissance rapide de la popularité de la citrouille et des courges est principalement reliée à la popularité grandissante de l'Action de grâce et de l'Halloween (Dornan, 2004). Cette dernière étant au deuxième rang, après Noël, en ce qui concerne les dépenses pour la décoration (Bodnar et Fitts, 2000; Riggs, 2003a). En effet, 92% des ventes de citrouilles sont destinées au marché frais, contre 8% seulement à la transformation (Dornan, 2004).

1.1.1. Description agronomique

Les cucurbitacées forment un groupe de plantes maraîchères très vaste dénombrant plusieurs espèces et une multitude de variétés. Pour les différencier, elles sont subdivisées en deux grands groupes, les fruits d'été (courges d'été, zucchini) et les fruits d'hiver (courges d'hiver, citrouille). La citrouille et la courge spaghetti sont toutes deux des courges d'hiver (La France, 2010). Sur le plan botanique, il n'y a aucune différence entre les deux (Robinson, 2003). Elles font partie de la famille des *Cucurbitacea* et sont toutes deux du genre *Cucurbita* et de l'espèce *pepo* (Robinson, 2003; La France, 2010). La distinction se trouve dans l'apparence de la plante et des fruits ainsi que dans l'utilisation des fruits (Robinson, 2003). Généralement, la canopée foliaire de la citrouille est beaucoup plus imposante que celle de la courge spaghetti. Cela lui donne un avantage pour compétitionner avec les mauvaises herbes. La maîtrise des mauvaises herbes devra être beaucoup plus efficace dans la courge spaghetti.

La citrouille et la courge spaghetti sont des espèces annuelles. Elles nécessitent des températures de 25°C à 30°C le jour et de 18°C la nuit (Bodnar et Fitts, 2000; La France, 2010). Sur le plan morphologique, les tiges forment des lianes parfois étalées sur plusieurs mètres (La France, 2010). Les feuilles sont larges et abondantes. Elles permettent d'accumuler une grande quantité d'énergie par photosynthèse afin d'assurer un bon développement des fruits et un rendement adéquat (Robinson, 2003). La majeure partie du système radiculaire est superficiel et se retrouve au-delà du diamètre de la partie aérienne de la plante. Les racines d'une plante peuvent occuper jusqu'à 28 mètres cubes (m^3) de sol, et ce jusqu'à une profondeur de 2 mètres (m) selon les conditions du sol (La France, 2010).

Le choix des cultivars est vaste et est spécifique à chaque producteur agricole. Il faut prendre en compte le marché visé afin d'assurer une mise en marché efficace des récoltes. La tolérance aux maladies et ravageurs est un critère très important à considérer, surtout si la région est propice aux maladies. Il faut aussi prendre en considération le nombre de jours nécessaires pour arriver à maturité. Dans certaines régions du Québec où la saison de végétation est plus courte, les variétés avec un temps de maturation trop long n'arriveront pas à maturité. Cette maturation se fait généralement entre 80 et 110 jours pour la courge

spaghetti et entre 100 à 120 jours pour la citrouille. En climat frais, la maturation sera plus tardive. Un autre critère de sélection important est l'étalement des tiges. Il existe des variétés rampantes, semi-buissonnantes ou buissonnantes. Le choix de l'une ou l'autre se fera en fonction de la régie de culture et la préférence du producteur. La précocité, la couleur interne, la texture de la chaire et la durée d'entreposage sont autant de critères pris en compte (La France, 2010).

1.1.2. Régie de culture

La régie de culture de la citrouille et celle de la courge spaghetti sont pratiquement identiques. C'est pourquoi elles seront traitées ensemble.

1.1.2.1. Précédent cultural

La citrouille et la courge spaghetti profitent très bien de l'azote présent dans le sol. Un précédent de légumineuses est donc l'idéal pour un rendement optimal. En revanche tout autres engrais verts d'automne enfouis au printemps sont aussi de bons précédents culturaux. Une prairie peut aussi être un excellent précédent cultural à condition d'avoir une gestion adéquate des mauvaises herbes. La haute teneur en matière organique d'un retour de prairie ne sera que bénéfique pour ces cultures exigeantes en fertilisants (La France, 2010).

1.1.2.2. Semis

La citrouille et la courge spaghetti sont généralement semées directement au champ. En revanche, en raison de l'augmentation constante du prix des semences, de plus en plus de producteurs se tournent vers les transplants (McClurg et *al*., 2003). Ce sont des plants très sensibles au froid, il faut donc attendre que tout risque de gel soit écarté avant d'effectuer le semis ou la transplantation au printemps. La germination prend entre 3 à 10 jours et s'effectue à des températures variant entre 15 et 35 °C, la température optimale étant d'environ 25°C. Il est très important d'attendre que le sol ait atteint au moins 15°C pour effectuer le semis, car la germination n'a pas lieu sous 10°C (McClurg et *al*., 2003; La France, 2010). De plus, des températures sous 10°C en postlevée peuvent endommager la plantule. Au Québec, le semis s'effectue entre la fin-mai et la mi-juin dépendamment de la

région et des conditions météorologiques. Il est important d'effectuer le semis à une profondeur uniforme, soit de 20 à 25 millimètres (mm) maximum, afin d'avoir une levée rapide et homogène. Les jeunes plants sont très sensibles au vent, il faut donc voir à les protéger (La France, 2010).

La densité de semis optimale varie selon les besoins d'espace du cultivar sélectionné, la régie de culture, la machinerie utilisée, les conditions du sol et le climat. En général, une densité d'un plant par mètre carré (m²) pour les variétés buissonnantes, d'un plant par 1 à 1,5 m² pour les variétés semi-buissonnantes et d'un plant par 2 m² pour les variétés rampantes est visée. Pour la citrouille, l'écartement entre les rangs peut varier de 150 à 400 centimètres (cm) et l'espacement des plants sur le rang peut varier entre 60 et 120 cm. Pour la courge spaghetti, l'écartement entre les rangs peut varier de 150 à 240 cm et l'espacement sur le rang peut varier de 60 à 120 cm (La France, 2010). Ce facteur est d'une importance cruciale, une recherche réalisée dans l'état de New York démontra qu'un plus grand peuplement à l'hectare produit un plus grand nombre de fruits à l'hectare (ha). En revanche, les fruits sont de plus petite taille (McClurg et *al*., 2003).

Pour assurer un peuplement uniforme et une grande qualité des plants, il est possible de semer deux, trois ou quatre graines à la fois pour ensuite démarier en conservant que les plus beaux plants. En raison du prix relativement élevé des semences, la décision revient au producteur de définir si cet investissement est rentable ou non (McClurg et *al*., 2003; La France, 2010).

1.1.2.3. Sols et fertilisation

Le sol doit être fertile et bien pourvu en matière organique. La courge spaghetti et la citrouille préfèrent les sols légers à moyens et bien ameublis en profondeur (La France, 2010). Un loam sableux est le type de sol idéal pour ces cultures. Une argile pourra aussi donner de bons résultats si elle est bien drainée. Par contre, en cas d'automne pluvieux, la récolte sera plus difficile et les fruits risquent d'être plus sales (Bodnar et Fitts, 2000). Ces cultures tolèrent un pH acide ou légèrement alcalin. En revanche, elles préfèrent les sols neutres avec un pH entre 6,5 et 7,5. L'ajout d'une petite quantité de chaux peut être utile à

la plante qui prélève une bonne quantité de magnésium, soit 2 kilogrammes (kg) par tonne métrique de fruits, et de calcium, soit 15 kg par tonne métrique de fruits (La France, 2010). L'azote est de loin l'élément fertilisant le plus limitatif à la culture des cucurbitacées (Howell et *al*., 2003; Bratsch, 2009). Selon le guide de fertilisation du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) (Anonyme, 2010), la citrouille et la courge spaghetti nécessitent 80 kg/ha d'azote avant le semis, puis 35 kg/ha doivent être ajoutés au stade de floraison. De plus, ce sont des cultures très exigeantes en phosphore et en potassium (Bratsch, 2009; Anonyme, 2010).

1.1.2.4. Insectes et maladies

L'insecte ravageur le plus nuisible pour les cucurbitacées est la chrysomèle rayée du concombre (*Acalymma vittatum* Fabricius) (Bodnar et Fitts, 2000; La France, 2010). Elle s'attaque à tous les stades de développement et à toutes les parties des cucurbitacées, des cotylédons jusqu'aux fruits. Les chrysomèles sont dévastatrices pour deux raisons principales. Premièrement, du stade cotylédon au stade cinq feuilles, par leur grand nombre, elles peuvent dévorer un plant complet en très peu de temps. Deuxièmement, elles sont vectrices du flétrissement bactérien causé par la bactérie *Erwinia tracheiphila*. La seule façon de lutter contre cette maladie et de réduire son incidence est de lutter contre la chrysomèle (Bodnar et Fitts, 2000).

La maladie la plus grave et la plus fréquente est le blanc (Oïdium). Les champignons pathogènes responsables de cette maladie sont *Podosphaera xanthii* et *Erysiphe cichoracearum*. Elle se reconnait facilement par la formation d'un mycélium blanc sur chacune des surfaces foliaires et même parfois sur les tiges. Le développement du mycélium diminue la photosynthèse et peut causer la sénescence prématurée des feuilles (Bodnar et Fitts, 2000). Cela entraîne une diminution du rendement (Zitter et *al.*, 2003).

1.1.2.5. Pollinisation et fructification

Toutes les cucurbitacées sont des espèces monoïques. Elles ont donc des fleurs mâles et des fleurs femelles. Par contre, il n'y a pas de synchronisation entre l'apparition des deux types de fleurs en début de saison. Les fleurs mâles sont produites en premier et sont suivies des fleurs femelles. Ces dernières se retrouvent le long des tiges tandis que les fleurs mâles sont dressées. Généralement, il n'est pas nécessaire d'implanter des ruches d'abeilles pour effectuer la pollinisation. Cependant, leur utilisation peut être requise si la superficie de culture est grande. Dans ce cas-ci, il faut prévoir l'implantation d'environ trois ruches par hectare en culture (Wien et *al*., 2003; La France, 2010). Chaque fleur doit avoir été visitée au moins 15 fois pour que la pollinisation soit complète (Bodar et Fitts, 2000). En condition de stress, spécialement lors de températures très chaudes, les plants produiront beaucoup plus de fleurs mâles au détriment des fleurs femelles. Cela aura un impact marqué sur la fructification et pourrait décaler la récolte de quelques semaines. Des températures élevées pourraient aussi diminuer l'activité des insectes pollinisateurs (Wien et *al*., 2003).

1.1.2.6. Récolte

Généralement, les courges spaghetti se récoltent de la mi-août jusqu'au début octobre tandis que les citrouilles sont récoltées en septembre et octobre pour l'Halloween. Les courges d'hiver doivent être récoltées à pleine maturité, contrairement aux courges d'été qui sont à leur meilleur lorsqu'elles sont jeunes et tendres. La majorité des producteurs attendent que les feuilles soient arrivées à sénescence afin de faciliter la récolte. La sénescence survient soit après une première gelée, soit à la suite de l'infection par le blanc. La récolte s'effectue en général avant les gelées mortelles pour ne pas abimer les fruits qui tolèrent mal les températures sous 0°C. La citrouille est toutefois plus tolérante que la courge spaghetti à ces températures extrêmes (La France, 2010).

La récolte se fait à la main à l'aide d'un sécateur ou d'un couteau en exécutant une coupure sur le pédoncule du fruit. Ceux-ci doivent être manipulés avec précaution, car les blessures nuiront à la conservation (La France, 2010).

1.2. La gestion des mauvaises herbes

Les mauvaises herbes sont présentes dans toutes les cultures et leur maîtrise est primordiale pour assurer un rendement élevé. Tout d'abord, elles diminuent les rendements en compétitionnant avec la culture. Cette compétition se fait pour l'espace, la lumière, l'eau et les nutriments (Riggs, 2003b). Ensuite, elles affectent la qualité des fruits en augmentant l'intensité des maladies. En effet, elles créent un microclimat à humidité élevée et à faible circulation d'air propice au développement des maladies (Riggs, 2003b; Bratsch, 2009). Par ailleurs, dans le cas des cucurbitacées où l'autocueillette est fréquente, les mauvaises herbes rendent cette cueillette beaucoup moins agréable et peuvent décourager certains consommateurs (Riggs, 2003b; Bratsch, 2009).

1.2.1. Particularités des cucurbitacées

La gestion des mauvaises herbes est probablement l'intervention la plus difficile à maîtriser dans les cucurbitacées (Riggs, 2003b). La courge spaghetti et la citrouille sont des plantes avec une croissance végétative très vigoureuse qui rend le contrôle mécanique des mauvaises herbes difficile une fois que les tiges ont commencé à ramper. De plus, leurs racines sont très superficielles (Bodnar et Fitts, 2000). Il est donc facile de les briser si le sarclage s'effectue trop profondément. Une bonne maîtrise des vivaces comme le chiendent (*Elymus repens* (L.) Gould) est alors primordiale avant d'implanter une cucurbitacée. L'écartement entre les rangs est très large. Il faut donc prévoir des sarclages superficiels répétés. Cependant, dans la plupart des cas, les plants commencent à ramper sans couvrir totalement le sol. Cela empêche le passage de la machinerie et laisse les mauvaises herbes s'implanter (La France, 2010).

Très peu d'herbicides efficaces sont homologués dans la citrouille et la courge spaghetti au Canada (Bodnar et Fitts, 2000; Kemble et *al*., 2000; Riggs, 2003b). Les herbicides sont efficaces principalement contre les graminées annuelles et quelques dicotylédones annuelles (Kemble et *al*., 2000). Il y a donc un bon nombre de mauvaises herbes qui ne sont pas maîtrisées par les herbicides.

1.3. Méthodes de désherbage

Il existe plusieurs méthodes de désherbage dans les cucurbitacées, chacune ayant ses avantages et ses défauts. Il est préférable d'opter pour une approche intégrée qui combine plusieurs d'entre elles pour maîtriser un maximum de mauvaises herbes.

1.3.1. Désherbage mécanique

Le désherbage mécanique est probablement la méthode la plus utilisée dans la production de cucurbitacées. Il s'effectue à la main sur les petites superficies ou à l'aide de la machinerie sur de grandes superficies. Une grande variété d'outils peut être utilisée. Cependant, ils ont tous une caractéristique commune. Le passage doit se faire au bon moment. Pour être efficace, le désherbage doit se faire du stade cotylédons au stade deux feuilles des mauvaises herbes (Riggs, 2003b) et ce, lors d'une journée ensoleillée pour maximiser la dessiccation des racines. Le stade cotylédon est le plus opportun, c'est pourquoi des passages superficiels répétés sont recommandés. Un désherbage trop profond entraînera des bris aux racines de la culture et remontera des graines de mauvaises herbes en surface (Riggs, 2003b). Le désherbage mécanique a le désavantage de ne pas pouvoir être effectué tout au long de la saison de croissance de la culture. Lorsque cette dernière commence à former ses vignes dans les entre rangs, le passage de la machinerie est plus difficiles, voire impossible sans abimer la culture. C'est donc la culture elle-même, grâce à ses feuilles très larges, qui devra occuper l'espace le plus rapidement possible pour empêcher les mauvaises herbes de s'installer.

1.3.2. Désherbage chimique

Une seconde méthode est le recours aux herbicides. Ils ont l'avantage, par rapport au désherbage mécanique, de nécessiter moins de main d'œuvre et beaucoup moins de passages au champ. En fait, pour la grande majorité des herbicides homologués au Canada, une seule application est recommandée. De plus, ce sont tous des herbicides s'appliquant soit en présemis, en prélevée ou à un très jeune stade de la culture (Anonyme, 2014). Cependant, peu d'herbicides sont homologués dans les cucurbitacées et leur efficacité est variable (Bodnar et Fitts, 2000; Kemble et *al*., 2000; Riggs, 2003b). Les herbicides homologués dans la courge spaghetti et la citrouille au Canada en 2014 étaient le

COMMAND® 360 ME (clomazone 360 MS) pour certains cultivars, le DUAL® MAGNUM® (s-métolachlore 915 EC) et le DUAL® II MAGNUM® (s-métolachlore 915 EC), le DEVRINOL® DF (napropamide 50 WG) dans la citrouille seulement, le SANDEA® (halosulfuron 72,6 WG), le POAST ULTRA® (séthoxydime 450 EC), l'ASSURE® II (quizalofop-p-éthyle 96 EC), l'AIM® EC (carfentrazone-éthyle 240 EC) , le GRAMOXONE® (paraquat 200 SN) et le ROUND UP® (glyphosate 540 SN) (Anonyme, 2014; SAgE pesticides, 2015).

La gestion des mauvaises herbes ne peut pas se baser seulement sur l'utilisation d'herbicides. L'unique utilisation d'herbicides ne parviendra pas à maîtriser toutes les mauvaises herbes. Une approche intégrée utilisant plusieurs techniques est donc recommandée. De plus, en raison du nombre limité d'herbicides homologués, leur utilisation répétée peut entrainer une résistance des mauvaises herbes à certaines familles d'herbicides. Le développement de nouvelles méthodes pour maîtriser les mauvaises herbes est donc primordial.

1.3.3. Autres méthodes

Étant donné, d'une part, que le désherbage mécanique est très onéreux et qu'il ne peut s'effectuer durant toute la saison de culture et que, d'autre part, il existe peu d'herbicides homologués et efficaces dans la citrouille et la courge spaghetti, les producteurs doivent se tourner vers des méthodes de remplacement ou complémentaires à ces dernières.

Premièrement, le faux semis est une technique pouvant être utilisée. Elle consiste à travailler le sol, mais sans semer. On laisse plutôt les mauvaises herbes pousser. Lorsque celles-ci sont au stade cotylédons, elles sont détruites avec un herbicide ou à l'aide d'une herse. Le faux semis peut être répété quelques fois avant le semis de la culture (Riggs, 2003b). Cette technique permet de diminuer la banque de semences de mauvaises herbes dans le sol. Elle est particulièrement intéressante dans la courge spaghetti et la citrouille puisque leur semis s'effectue seulement vers le début juin sous les conditions du Québec.

Deuxièmement, à l'automne, suite à la récolte de la culture, un engrais vert peut être ensemencé. Certains engrais verts, comme le sarrasin (*Fagopyrum esculentum* Moench), développent une canopée très dense et « étouffent » littéralement les mauvaises herbes. Cette technique empêche les mauvaises herbes annuelles de s'implanter et d'augmenter la banque de semences du sol. Les vivaces sont aussi affectées par la compétition avec l'engrais vert. Cela fait en sorte qu'elles ont moins d'énergie l'année suivante. Cependant, plusieurs années d'engrais verts sont nécessaires pour une bonne maîtrise des vivaces (Riggs, 2003b).

Une technique très prometteuse consiste à effectuer le semis d'une culture de couverture formant un paillis végétal. Ce système consiste à ensemencer le paillis à l'automne pour ensuite le détruire au printemps suivant, avant d'effectuer le semis direct de la culture principale. Le paillis peut être détruit ou non à l'aide d'un herbicide et il peut être soit fauché ou roulé pour former le paillis. Dans tous les cas, la culture de couverture doit être détruite avant la formation de graines pour limiter les risques de repousse (McClurg et *al*, 2003).

Un tel système a plusieurs avantages. Tout d'abord, on observe une protection du sol contre l'érosion hydrique et éolienne par les parties aériennes de la culture de couverture (McClurg et *al*, 2003; Hayes et *al*., 2005a). La partie racinaire permet quant à elle de stabiliser le sol (Hayes et *al*., 2005a). Ces cultures contribuent aussi à l'ajout de matière organique dans le sol lors de leur dégradation (Hayes et *al*., 2005a). Cela contribue donc à améliorer la structure du sol ainsi que la diversité des microorganismes présents dans le sol. Un autre grand avantage est la diminution des pertes d'éléments nutritifs (McClurg et *al*., 2003; Hayes et *al*., 2005a). En effet, certaines cultures, le trèfle (*Trifolium sp.*) par exemple, fixent l'azote atmosphérique et améliorent la fertilité du sol. D'autres, comme le seigle, vont capter l'excès d'azote du sol à l'automne pour le retourner au sol lors de leur dégradation (Hayes et *al*., 2005a). L'implantation d'une culture de couverture permettra aussi d'entrer dans le champ plus tôt au printemps. La culture utilisera l'humidité du sol pour ses besoins et asséchera plus rapidement les sols humides au printemps (McClurg et *al*, 2003; Hayes et *al*., 2005a). En plus de ces avantages pour le sol, un paillis dense et

uniforme procurera une répression des mauvaises herbes par la compétition pour la lumière et l'espace (Teasdale et Daughtry, 1993; McClurg et *al*. 2003). Certaines cultures de couverture peuvent produire des substances allélopathiques dans le sol. Ces molécules chimiques ont pour fonction principale d'inhiber la germination et la croissance des mauvaises herbes. De plus, l'utilisation d'un paillis de couverture offrira certains avantages à la culture. Les fruits sont plus propres, ont généralement moins de maladies et la récolte s'effectue plus facilement (McClurgh et *al*., 2003).

Le paillis végétal, bien que très prometteur et avantageux, a son lot de désavantages à considérer. Premièrement, son utilisation peut être plus difficile dans les régions nordiques où la saison de végétation est courte. Si la culture précédente se récolte très tard à l'automne, comme le soya (*Glycine max* (L.) Merrill) ou le maïs par exemple, la culture de couverture risque ne pas avoir le temps de s'implanter avant les gelées mortelles et aura de la difficulté à survivre à l'hiver (McClurgh et *al*. 2003). Deuxièmement, toujours dans ces régions à courte période de végétation, si la température tarde à se réchauffer au printemps, la culture de couverture peut ne pas avoir atteint son stade optimal au moment de la date de semis recommandée pour la culture principale. Cela formera un paillis moins efficace et avec un risque de regain si la culture de couverture est trop vigoureuse. Si cela survient, il y aura alors compétition entre le paillis et la culture principale. Au printemps, le paillis de couverture fait en sorte que le sol se réchauffe moins rapidement, ce qui peut réduire la germination de certaines cultures, comme la citrouille, qui nécessitent un sol bien réchauffé (McClurgh et *al*., 2003). Du côté technique, l'utilisation d'un paillis de couverture représente plus d'interventions pour les producteurs et peut représenter aussi l'achat de nouvelles machineries. Elle ajoute aussi du travail à l'automne pour implanter la culture de couverture (McClurgh et *al*., 2003). De plus, dans le cas où le paillis est inefficace pour maîtriser les mauvaises herbes présentes, le désherbage mécanique est impossible (McClurgh et *al*., 2003).

Plusieurs espèces peuvent être utilisées comme culture de couverture. Les plus répandues sont le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.), l'avoine (*Avena sativa* L.), le seigle et le radis oléagineux (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis*) (Hayes et *al*., 2005a). Plusieurs autres

espèces peuvent aussi être utilisées, dont le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.), la vesce velue, le pois, le ray-grass (*Lolium perenne* L.), le blé (*Triticum aestivum* L.), la moutarde blanche (*Sinapis alba* L.) et le sarrasin (Martin et *al*., 2011). En revanche, plusieurs d'entre elles ne sont utilisées qu'à l'automne pour occuper le sol suite à la culture principale. Toutes ne peuvent donc pas être utilisées pour former un paillis efficace pour y effectuer un semis direct.

L'étude de l'efficacité des paillis de couverture est essentielle. Cette technique, beaucoup plus respectueuse de l'environnement, diminue la dépendance aux herbicides et l'utilisation de ces derniers. Elle diminue aussi le nombre de passages au champ pour le désherbage manuel et mécanique réduisant ainsi les coûts de main-d'œuvre et d'énergie. De plus, moins de passages aux champs signifient aussi moins de risque de bris des cultures.

1.4. Le seigle d'automne comme culture de couverture

Le seigle d'automne est la culture par excellence pour former un paillis de couverture. Tout d'abord, elle offre une excellente maîtrise des mauvaises herbes. Sa biomasse sèche aérienne élevée, pouvant atteindre jusqu'à 8 mégagrammes à l'hectare (Mg/ha), forme un paillis dense et uniforme à la surface du sol (Ryan et *al*., 2011a). Ce paillis assure une bonne maîtrise des mauvaises herbes et diminue l'érosion hydrique et éolienne du sol. En plus de sa biomasse aérienne élevée, le seigle d'automne inhibe la germination et la croissance des mauvaises herbes par la production de substances allélopathiques, le 2,4-dihydroxy-1,4(2H)-benzoxazin-3-one (DIBOA) et le 2(3H)-benzoxazolinone (BOA) (Barnes et Putnam, 1987). C'est donc une culture très bien armée contre les mauvaises herbes.

Le seigle d'automne peut aussi améliorer les propriétés du sol. Lors de sa dégradation, il représente une importante source de matière organique. De plus, ses racines fasciculées s'étendent sur un rayon d'un mètre et peuvent atteindre deux mètres de profondeur (Hayes et *al*., 2005b). Il stabilise donc très efficacement les sols et peut aller chercher des nutriments en profondeur et les ramener à la surface.

Le seigle d'automne est très bien adapté aux conditions du Québec. Il peut être semé tard à l'automne, car il peut germer à une température allant de -1 à 2°C et ne nécessite que 4°C pour sa croissance végétative (Hayes et *al*., 2005b). Il résistera aussi très bien aux rigoureux hivers québécois. Il peut effectivement survivre à des températures allant jusqu'à -35°C (Hayes et *al*., 2005b). Le printemps suivant, il reprend très tôt sa croissance (Hayes et *al*., 2005b). En conditions favorables, cette croissance rapide permettra de détruire le paillis au stade optimal et de semer la culture principale à la date prévue.

1.4.1. Lutte physique

Le seigle d'automne, par sa très forte biomasse aérienne, forme une barrière physique pour maîtriser les mauvaises herbes. Teasdale et Mohler (1993) démontrèrent que le seigle modifiait trois paramètres physiques en particulier. Tout d'abord, le paillis de seigle réduit la transmittance de la lumière à la surface du sol. En effet, la transmittance diminue exponentiellement en fonction de l'augmentation de la biomasse de résidus. Ainsi, plus le paillis est dense, moins la lumière atteint le sol et moins il y a de germination des mauvaises herbes. De plus, le paillis affecte la température du sol. Ce dernier a peu d'impact sur la température minimale du sol; en revanche il diminue significativement la température maximale de ce dernier. Le paillis ne réduit donc pas suffisamment la température du sol pour contrer la germination des mauvaises herbes. Finalement, le paillis maintient une humidité élevée dans le sol, même par temps sec. Ce dernier facteur, contrairement aux deux autres, favorise la germination des mauvaises herbes. Advenant le cas où une mauvaise herbe réussit à germer, elle devra être en mesure de traverser le paillis. Un paillis dense sera donc plus efficace sur ce point de vue qu'un paillis de faible densité.

Barberie et Mazzoncini (2001) ont obtenu une réduction de 54 à 99% de la biomasse sèche de mauvaises herbes avec l'utilisation d'un paillis de seigle d'automne. De plus, Mischler et *al*. (2010) ont démontré que l'utilisation d'un herbicide en postlevée était non nécessaire. Aucune différence significative sur la maîtrise des mauvaises herbes n'a été remarquée entre l'utilisation du seigle seul, lorsque détruit tard en saison, et son utilisation combinée à un herbicide. Cela démontre la grande efficacité du seigle à maîtriser les mauvaises herbes lorsque sa biomasse aérienne est élevée.

Le seigle ne lutte pas seulement physiquement contre les mauvaises herbes, il est aussi reconnu pour sa production de substances allélopathiques qui vont elles aussi contrer la germination et la croissance des adventices. Cela peut expliquer pourquoi Mischler et *al*. (2010) n'ont pas remarqué de bénéfice à l'ajout d'herbicides en postlevée, le seigle en produisant déjà lui-même naturellement.

1.4.2. L'allélopathie du seigle

L'activité allélopathique du seigle est connue depuis fort longtemps. Barnes et Putnam (1983) observèrent que l'utilisation d'un paillis de seigle d'automne diminuait la densité des mauvaises herbes tout en n'affectant pas la culture de pois. Il est maintenant reconnu que l'effet allélopathique du seigle est principalement dû au DIBOA (2,4-dihydroxy-1,4(2H)-benzoxazin-3-one) et son produit de dégradation le BOA (2(3H)-benzoxazolinone). Le DIBOA est beaucoup plus efficace pour réprimer les monocotylédones, tandis que le BOA offre une meilleure maîtrise des dicotylédones (Barnes et Putnam, 1987) La dégradation du DIBOA sera encouragée par des températures de sol élevées et un pH alcalin (Bredenberg et *al*, 1962, cités par Schultz et *al*., 2013). Le BOA peut lui aussi être dégradé par les microorganismes du sol (Schulz et *al*., 2013).

La concentration en benzoxazinoïdes dans les tissus du seigle varie selon la partie du plant, son âge et le cultivar. En effet, on retrouve ces composés en plus grande quantité dans les parties aériennes que dans les racines (Barnes et Putnam, 1987). Ils sont libérés passivement par dégradation de la plante ou activement par exsudation racinaire (Schulz et *al*., 2013). Ils sont en concentration supérieure dans les jeunes plants (Wojcik-Wojtkowiak et *al*., 1990, cités par Schultz et *al*., 2013). Les résultats de Reberg-Horton et *al*. (2005) vont dans le même sens en démontrant que la teneur en DIBOA dans le seigle d'automne augmente en début de saison pour par la suite atteindre un plateau puis diminuer rapidement. Parallèlement à ces résultats, la toxicité du seigle aux mauvaises herbes diminue aussi avec le temps.

Des composés allélopathiques sont donc bien présents dans le seigle. Ceux-ci, lorsqu'isolés, offrent une très grande inhibition de la germination des mauvaises herbes. Cependant, leur contribution lorsqu'il s'agit d'un paillis de couverture est de plus en plus mise en doute. Des chercheurs (Teasdale et Mohler, 1993; Teasdale et Mohler, 2000) affirment que l'efficacité d'un paillis de seigle est beaucoup plus liée à sa biomasse qu'à sa concentration en composés allélopathiques.

1.5. L'implantation d'un paillis de seigle d'automne

L'efficacité d'un paillis de seigle d'automne est directement liée à la qualité de son implantation. Le semis doit être fait au bon moment, dans les bonnes conditions et selon la bonne régie. Au printemps, le seigle doit produire une certaine biomasse aérienne. Par la suite, il doit être détruit efficacement au bon stade phénologique et selon la bonne méthode. Tous ces aspects sont discutés ci-bas afin de déterminer quelle combinaison pourra former le paillis le plus efficace contre les mauvaises herbes.

1.5.1. Le semis

Peu de travaux ont été rédigés pour déterminer la date de semis du seigle pour en faire le paillis idéal. En général, il faut le semer assez tôt à l'automne pour lui laisser le temps de s'implanter pour bien survivre à l'hiver. Sous nos conditions, on cherche à effectuer le semis au début septembre. Évidemment, il faudra prévoir d'avance l'utilisation du paillis de seigle et s'assurer que la culture précédente puisse se récolter avant cette date.

Dans la littérature, la date de semis à l'automne est un facteur primordial pour que le seigle accumule une biomasse importante au printemps suivant. Mischler et *al*. (2010) remarquèrent qu'au site semé un mois après le premier, le seigle avait accumulé beaucoup moins de biomasse au printemps suivant. Cette constatation va de pair avec plusieurs autres travaux. En Pennsylvanie, Mirsky (2008) a observé qu'un paillis de seigle semé à la mi-octobre accumulait 65% moins de biomasse qu'un paillis semé à la fin août. Dans d'autres travaux, Mirsky et *al*. (2011) arrivèrent exactement aux mêmes résultats avec une augmentation de 65% de la biomasse avec un semis effectué à la fin août plutôt qu'à la mi-octobre. Ainsi, ils ont obtenu des biomasses sèches respectivement de 7880 kg/ha et de

5070 kg/ha. Mirsky et *al*. (2009) ont démontré qu'un retard au semis affectait aussi la maturation du seigle au printemps. En effet, un semis retardé d'un mois à l'automne causait un retard d'une semaine dans la maturité du seigle au printemps. Ce résultat est d'une grande importance, car, comme nous le verrons plus loin, la maturité du seigle joue un rôle primordial dans la formation d'un paillis efficace. Mirsky et *al*. (2011) ont fait la preuve que la date de semis avait aussi un effet sur la maîtrise des mauvaises herbes. Les paillis établis plus tôt à l'automne réduisaient d'avantage la densité des mauvaises herbes que ceux semés plus tard. Cela peut s'expliquer de deux façons. Premièrement, un paillis plus dense maîtrisera nécessairement mieux les mauvaises herbes. Deuxièmement, si le seigle est implanté tôt à l'automne, il pourra leur faire compétition plus longtemps et ne leur laissera pas la chance de s'implanter.

D'autres travaux se sont intéressés à la dose de semis du seigle. Les chercheurs en sont venus à la conclusion que l'augmentation du taux de semis n'avait aucun effet sur la biomasse de seigle à maturité (Boyd et *al*, 2009; Ryan et *al*. 2011a). Boyd et *al*. (2009) étudièrent des taux de semis allant de 90 kg/ha à 270 kg/ha et ils n'observèrent aucune différence significative de biomasse à maturité. Cela indique qu'une augmentation de la dose de semis ne ferait qu'augmenter les coûts de production sans affecter l'efficacité du paillis.

1.5.2. La biomasse sèche visée

Selon Teasdale et Mohler (1993), la biomasse d'un paillis de couverture est l'élément le plus important pour assurer une bonne maîtrise des mauvaises herbes. Plus tard, Teasdale et Mohler (2000) ont indiqué que la quantité de résidus au sol était plus importante que le type de résidus. Avec ce résultat, ils ont rejeté en bonne partie l'importance de l'allélopathie dans l'efficacité du seigle d'automne comme paillis en laissant tout le mérite à sa capacité d'accumuler énormément de biomasse aérienne. Plusieurs recherches penchent dans le même sens. Mohler et Teasdale (1993) déterminèrent que l'efficacité à long terme d'un paillis dépend de la quantité de biomasse qu'il a réussi à accumuler au printemps. De plus, plusieurs travaux vinrent à la conclusion que plus la biomasse de seigle était importante,

meilleure était la maîtrise des mauvaises herbes (Mohler et Teasdale 1993; Teasdale et Mohler, 2000; Barberie et Mazzonchini, 2001).

Certains facteurs peuvent avoir un effet sur la biomasse de seigle. Ainsi, Ryan et *al*. (2011a) ont démontré qu'une augmentation de la fertilité du sol affectait avantageusement l'accumulation de biomasse par le seigle. En revanche, dans leurs travaux, l'augmentation de la biomasse du paillis ne mena pas à une diminution de celle de mauvaises herbes. Ces dernières ont probablement elles aussi profité de la grande fertilité du sol. La date de destruction du seigle a un effet sur l'accumulation de biomasse. Dans trois des quatre essais de Mischler et *al*. (2010), la biomasse de seigle a doublé entre la fin avril et la mi-mai. Sous cet angle, il est avantageux de retarder le plus possible la destruction du paillis.

1.5.3. Formation du paillis

Plusieurs travaux de recherche ont porté sur la date ou le stade optimal du seigle pour la formation d'un paillis efficace. Mirsky et *al*. (2011) démontrèrent qu'au printemps la biomasse de seigle augmentait d'environ 37% à tous les 10 jours. Passant de 4 051 kg/ha au 1er mai à 10 066 kg/ha au 30 mai. Dans le même ordre d'idée, Mirsky et *al*. (2009) ont fait la démonstration que le regain du seigle était beaucoup mieux maîtrisé à partir du stade de l'anthèse (Zadoks 61) (Zadoks et *al.*, 1974). À ce stade, les risques de repousse du seigle sont plus limités et le paillis est plus uniforme. Ils affirmèrent donc que le contrôle du seigle est beaucoup plus relié à son stade phénologique qu'à sa date de destruction. Cependant, en région plus nordique, l'atteinte de ce stade phénologique idéal peut se faire tard au printemps, retardant le semis de la culture principale. L'application d'un herbicide tel que le glyphosate préalablement au passage du rouleau crêpeur procure alors plus flexibilité. En conditions défavorables, le glyphosate permettra d'obtenir un paillis uniforme, sans danger de regain du seigle et sans retarder le semis de la culture principale. Pour certaines cultures, comme le maïs, il a été démontré que de retarder le semis d'une à deux semaines n'affectait pas significativement le rendement (Duiker et Curran, 2005). Par contre, il est préférable de ne pas trop le retarder, surtout en région nordique où la saison de végétation est déjà très courte.

Il existe deux méthodes principales pour former un paillis de couverture. La première consiste à faucher le seigle à la surface du sol. La fauche est cependant peu efficace, car elle accélère la décomposition des résidus par les microorganismes du sol et diminue l'efficacité à long terme du paillis contre les mauvaises herbes (Creamer et Dabney, 2002). De plus, la fauche ne permet pas de former un paillis uniforme, ce qui rend le semis direct de la culture principale plus difficile. La seconde technique est grandement prometteuse. Elle consiste à rouler le seigle au sol à l'aide d'un rouleau crêpeur (Figure 1.1).

Crédit photo: David Miville

Figure 1.1 Illustration d'un rouleau crêpeur en action

Cet outil ne fait qu'écraser les tissus conducteurs de la plante sans la couper complètement tout en la couchant par terre. Cela nécessite, par contre, que la culture de couverture soit à un stade phénologique assez avancé pour limiter les risques de regain. Le rouleau permet la formation d'un paillis uniforme facilitant le semis direct (Figure 1.2). De plus, puisque la plante est entière et toujours rattachée à ses racines, sa dégradation se fait plus lentement. Le paillis peut donc maîtriser les mauvaises herbes sur un plus grand laps de temps que la fauche (Creamer et Dabney, 2002).

En résumé, l'utilisation du rouleau crêpeur pour former un paillis de seigle uniforme a un très grand potentiel pour maîtriser les mauvaises herbes lorsque le seigle est semé tôt à l'automne et détruit au bon stade au printemps.

Crédit photo : David Miville

Figure 1.2 Paillis uniforme formé à l'aide d'un rouleau crêpeur

1.6. Semis direct de cucurbitacées sur paillis de seigle d'automne

Très peu de travaux ont étudié le potentiel du semis direct de cucurbitacées sur un paillis de couverture de seigle d'automne. Pourtant, la citrouille et la courge spaghetti sont de plus en plus populaires, que ce soit comme décoration à l'Halloween ou pour la consommation (Riggs, 2003a). Ces cultures ne bénéficient que d'un nombre limité d'herbicides homologués et efficaces à long terme (Walters et *al*., 2008). Il est urgent de développer de nouvelles méthodes de désherbage plus durables et d'une plus grande efficacité.

1.6.1. Maîtrise des mauvaises herbes et effets sur la culture principale

La maîtrise des mauvaises herbes est crucialle dans la production de cucurbitacées. De par l'écartement et l'espacement très grands entre les plants, la méthode utilisée se doit d'être hautement efficace. Le paillis de couverture de seigle d'automne représente l'avenue la plus prometteuse. Par contre, les travaux de Walters et Young (2010) démontrèrent que, dans la production de citrouille, le paillis de seigle offrait un certain contrôle des mauvaises herbes, mais non suffisant pour les maîtriser tout au long de la saison de végétation. Cette faible efficacité vient probablement du fait que leur paillis a été fauché au lieu de roulé, le fauchage augmentant la vitesse de dégradation du paillis. En revanche, les rendements n'étaient pas affectés par la présence de la culture de couverture.

Au Québec, certains travaux ont été réalisés et publiés au cours des dernières années par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Les travaux ont porté sur la courge spaghetti, la courge la plus cultivée dans la province (Couture et Bonneville, 2010). Les résultats obtenus sont très variables. Couture et Bonneville (2010) ont obtenus un nombre vendable de courges plus élevé dans les paillis de seigle par rapport à un traitement témoin désherbé sans paillis et un calibre vendable similaire dans les deux traitements. Dans ce cas-ci le nombre total de courges était similaire. Il y a donc eu beaucoup plus de courges déclassées dans le traitement témoin désherbé sans paillis. Couture et Rancourt (2011) avaient fait la même expérience sur deux sites. Au premier site, le nombre de courges vendable était plus élevé dans les parcelles avec paillis que dans le traitement témoin désherbé sans paillis. Par contre, le calibre des courges y était plus faible. Au second site, le nombre vendable et le

calibre des courges étaient identiques entre les deux traitements. Caron (2011) a obtenu un nombre vendable plus petit ainsi qu'un calibre plus petit dans les parcelles avec seigle comparativement au traitement témoin désherbé sans paillis. Toussaint et Ciotola (2011) ont obtenu en 2008 un nombre de courges et un calibre des courges identiques dans les parcelles avec seigle par rapport au traitement témoin désherbé sans paillis. Par contre, en 2010, ces deux variables étaient significativement plus faibles dans les parcelles avec seigle. L'effet du seigle sur la culture principale est donc très variable. Une foule de facteurs comme le site et la température entrent en ligne de compte. Cependant, on observe une tendance, dans les parcelles avec paillis, à la diminution du nombre de fruits totaux, à l'augmentation du nombre de courges vendables, à la diminution de l'intensité des maladies et à l'amélioration de la propreté des courges (Couture et Bonneville, 2010; Caron, 2011; Couture et Rancourt, 2011, Toussaint et Ciotola, 2011). Des études plus approfondies sont donc grandement nécessaires pour évaluer le potentiel de cette technique sous nos conditions climatiques.

1.7. Potentiel négatif d'un paillis de seigle d'automne

L'efficacité du seigle d'automne à maîtriser les mauvaises herbes n'est plus remise en doute. En revanche, il semble y avoir un doute quant à son potentiel pour obtenir un rendement élevé de la culture principale. Certains travaux arrivèrent à la conclusion que le paillis de seigle d'automne réduisait le rendement de la culture principale, en particulier chez le maïs et les cucurbitacées (Clark et *al*. 1994; Caron, 2011; Couture et Rancourt, 2011; Carr et *al*. 2013). D'autres n'observèrent pas de baisse de rendement dans le maïs et le soya (Duiker et Curran, 2005; Mischler et *al.*, 2010). La baisse de rendement peut être due à plusieurs facteurs. Carr et *al*. (2013) affirment qu'elle est principalement due à deux facteurs : le retard du semis de la culture principale et le stress hydrique. En effet, ils ont dû retarder le semis du maïs de 4 à 8 semaines après la date recommandée pour atteindre le stade phénologique optimal avant de pouvoir rouler le seigle. Suite à ce semis retardé, il ne restait que très peu d'unités thermiques maïs (UTM) pour permettre au maïs d'arriver à maturité. De plus, le seigle ne fut pas contrôlé parfaitement par le rouleau crêpeur. L'été ayant été peu pluvieux, le regain de seigle entra en compétition pour l'eau avec la culture principale.

D'autres intervenants du domaine avancent que ce serait plutôt le rapport C/N très élevé du paillis de seigle qui serait la cause de cette diminution de rendement (Clark et *al*. 1994). Généralement, un amendement ayant un rapport C/N < 30 est facilement dégradé par les microorganismes du sol. Par contre, un rapport C/N > 30 causera une immobilisation temporaire de l'azote dans le sol, diminuant ainsi sa disponibilité pour la culture principale (Anonyme, 2010). Selon les travaux de Clark et *al*. (1994), le rapport C/N d'un paillis de seigle d'automne, lorsque détruit au stade optimal, peut atteindre entre 34,1 et 66,9. Sa décomposition entraînera alors une immobilisation de l'azote qui ne sera pas disponible pour la culture principale. Cet azote sera minéralisé beaucoup plus lentement et ne sera pas nécessairement disponible au moment où la culture principale en aura besoin. Cette carence en azote se fera sentir sur la croissance de la culture et ultimement sur le rendement. Les travaux de Snapp et Borden (2005) ont fait la démonstration que les racines du seigle contribuaient beaucoup plus à ce rapport C/N élevé que la partie aérienne. En effet, dans leur étude, la partie aérienne du seigle avait un rapport de 26 tandis que les racines avaient un ratio de 100. Cela indique que, même si la partie aérienne n'est pas incorporée au sol lors de la formation d'un paillis de couverture avec un rouleau crêpeur, la dégradation des racines du seigle par les microorganismes du sol a pour effet d'immobiliser l'azote dans le sol.

Duiker et Curran (2005) ont émis l'hypothèse que le succès de l'utilisation d'un paillis de couverture de seigle reposait en partie sur une fertilisation azotée adéquate. Leur raisonnement est appuyé par les travaux de Rosecrance *et al*. (2000) qui ont démontré qu'un paillis de seigle pur causait une immobilisation nette de l'azote dans le sol. En revanche, un paillis formé de vesce velue, une légumineuse fixatrice d'azote, entraînait une minéralisation nette de l'azote dans le sol. Donc, ils testèrent un paillis formé des deux espèces et arrivèrent à la conclusion que la combinaison entraînait une minéralisation nette de l'azote dans le sol, mais moindre que la vesce velue seule.

Un paillis de couverture de seigle d'automne combinée à la vesce velue présente donc un énorme potentiel pour à la fois maîtriser efficacement les mauvaises herbes et procurer un rendement acceptable de la culture principale.

1.8. La vesce velue

La vesce velue est une espèce légumineuse très intéressante à combiner au seigle d'automne. Par sa capacité à fixer en moyenne 125 kg/ha d'azote, elle peut potentiellement contrer, ou à tout de moins diminuer, l'immobilisation de l'azote causée par le seigle (Sarrantonio, 1994). Sans quoi, l'utilisation d'engrais azoté est de mise. Cette avenue n'est pas souhaitable dans une perspective d'agriculture durable. Étant une annuelle d'automne, la vesce velue sera facilement maîtrisable comparativement au trèfle rouge ou à la vesce jargeau *(Vicia cracca* L.) qui sont toutes deux des espèces vivaces (Verhallen et *al*., 2005). Elle pourra aussi être aisément semée à l'automne avec le seigle. De plus, elle est bien adaptée aux conditions nordiques. Elle peut résister à des températures de sol très froides, ce qui lui permettra de survivre aux hivers québécois (Verhallen et *al.,* 2005). Lente à s'établir, elle doit être semée vers la mi-août pour assurer une bonne implantation (Sarrantonio, 1994; Verhallen et *al*., 2005). Au printemps, sa croissance est vigoureuse et elle peut atteindre de 90 à 120 cm de hauteur lorsqu'elle est accompagnée d'une céréale comme le seigle d'automne (Sarrantonio, 1994; Verhallen et *al*., 2005). Sa destruction demande une attention particulière. L'utilisation du 2,4-D ou du MCPA est recommandée, le glyphosate étant peu efficace contre la vesce (Verhallen et *al*., 2005). Elle peut aussi facilement être détruite par le rouleau crêpeur à condition qu'elle soit en floraison (Teasdale et Rosecrance, 2003). Si elle est trop végétative, elle reprendra sa croissance et fera grandement compétition à la culture principale.

1.9. Paillis formé de seigle d'automne et de vesce velue

L'utilisation d'un paillis formé d'une combinaison de seigle d'automne et de vesce velue a un très grand potentiel pour maîtriser efficacement les mauvaises herbes tout en offrant un rendement acceptable de la culture principale. Cependant, son implantation et sa formation demandent une gestion rigoureuse. Tout d'abord, le semis du paillis se fait principalement en fonction de la culture précédente. En revanche, comme discuté plus haut, un semis vers la mi-août est optimal pour assurer une bonne implantation des cultures de couverture et une accumulation élevée de biomasse (Sarrantonio, 1994; Mirsky, 2008). Clark et *al*. (1994) ont démontré que la dose de semis idéale est d'environ 21 kg/ha de vesce velue pour 47 kg/ha de seigle d'automne. À cette dose de semis, le paillis a un rapport C/N de 21,5 à

23,5. Il y a donc une minéralisation nette de l'azote dans le sol. Cette minéralisation s'est traduite par un rendement en maïs plus élevé que le traitement témoin désherbé, tandis que le seigle seul diminuait le rendement. La date de destruction du paillis est aussi très importante. Elle doit évidemment se faire aux stades optimaux du seigle et de la vesce. Idéalement, les deux espèces doivent être au stade floraison pour assurer une bonne efficacité du rouleau crêpeur. C'est cette synchronisation qui risque d'être difficile à atteindre et cela augmente les risques de regain d'une des deux plantes. Si l'on doit retarder la date de semis de la culture principale pour atteindre ce stade optimal, il y a de fortes chances que le rendement de la culture soit affecté si celle-ci réussit à se rendre à maturité. L'utilisation d'un herbicide pour détruire le paillis pourrait offrir une certaine latitude lors d'années plus difficiles.

La vesce velue et le seigle d'automne semblent se compléter à merveille. La vesce se dégrade très rapidement et libère alors énormément d'azote dans le sol (Mohler et Teasdale, 1993; Teasdale et Mohler, 1993; Snapp et Borden 2005). Elle peut donc contribuer à diminuer le rapport C/N très élevé du paillis de seigle d'automne et même causer une minéralisation nette de l'azote dans le sol. Ultimement, elle parvient à contrer l'impact négatif du paillis de couverture sur le rendement de la culture principale (Rosecrance et *al*. 2000). Le seigle, quant à lui, permet une maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de végétation. Cela n'est pas possible avec un paillis de vesce velue pur qui se dégrade beaucoup trop rapidement et laisse la place aux mauvaises herbes.

La combinaison seigle avec vesce velue a un potentiel de réussite élevé dans les cucurbitacées. Premièrement, ces cultures, par l'écartement et l'espacements très grands entre les plants et longs à se refermer, ont besoin d'une méthode extrêmement efficace pour maîtriser les mauvaises herbes. Ce rôle convient parfaitement au seigle d'automne. Deuxièmement, comme l'azote est l'élément le plus limitatif à leur croissance, la vesce velue pourra alors fournir une grande quantité d'azote dans le sol pour diminuer le rapport C/N du paillis et limiter l'effet du paillis sur le rendement de la culture principale.

1.10. Hypothèse et objectifs

L'hypothèse de travail est la suivante :

- L'emploi du seigle d'automne et de la vesce velue comme cultures de couverture, du rouleau crêpeur pour former un paillis uniforme et du semis direct est une combinaison efficace pour maîtriser les mauvaises herbes, tout en procurant un rendement adéquat, dans la citrouille et la courge spaghetti.

L'objectif général de ce projet est d'établir une stratégie de gestion durable des mauvaises herbes dans la citrouille et la courge spaghetti. Pour ce faire, les objectifs spécifiques sont :

1) Évaluer si l'ajout de vesce velue au seigle d'automne est avantageux et, si oui, à quelle dose de semis.
2) Évaluer le stade de développement optimal du paillis au moment du passage du rouleau crêpeur.
3) Évaluer si l'utilisation de glyphosate est requise avant le passage du rouleau crêpeur.
4) Évaluer comment se comportent les cucurbitacées avec paillis de couverture comparées aux traitements témoins sans paillis.

2. Utilisation de la vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) et du seigle d'automne (*Secale cereale* L.) pour maîtriser les mauvaises herbes dans la citrouille et la courge spaghetti (*Cururbita pepo* L.)

2.1. Introduction

La citrouille (*Cucurbita pepo* L. *subsp. pepo*) et la courge spaghetti (*Cucurbita pepo* L.) sont des cultures à forts espacements entre les rangs et sur le rang (La France, 2010). Cela laisse tout le temps et l'espace aux mauvaises herbes pour bien s'implanter et compétitionner avec la culture principale. Le désherbage dans ces cultures s'effectue principalement à la main sur de petites superficies ou à l'aide de machinerie sur de grandes superficies (Riggs, 2003b). Par contre, ce type de désherbage a ses limites. En effet, les racines des citrouilles et des courges spaghetti sont très superficielles (Bodnar et Fitts, 2000). Cela rend le désherbage mécanique plus difficile, car un travail trop profond entraînera le bris des racines et affectera la croissance des plants. Des passages superficiels répétés sont donc requis pour un désherbage adéquat. Cependant, les plants de cucurbitacées commencent à ramper très tôt dans leur développement sans recouvrir totalement le sol. Cela empêche le passage de la machinerie et laisse les mauvaises herbes s'implanter (La France, 2010).

L'utilisation d'herbicides est une autre méthode de désherbage très utilisée en horticulture. Cette méthode nécessite moins de main d'œuvre et moins de passages au champ que le désherbage mécanique (généralement un seul) (Anonyme, 2014). Cependant, très peu d'herbicides efficaces sont homologués dans la citrouille et la courge spaghetti au Canada (Bodnar et Fitts, 2000; Kemble et *al*., 2000; Riggs, 2003b). Le développement de nouvelles méthodes de désherbage dans ces cultures est donc primordial pour permettre aux producteurs d'être moins dépendants de la main d'œuvre et des herbicides.

L'utilisation du semis direct dans un paillis végétal est une technique très prometteuse pour obtenir une bonne maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de végétation (McClurg et *al*., 2003). Le seigle d'automne (*Secale cereale* L.) est la culture indiquée pour

former ce type de paillis (Ryan et *al*., 2011b). Le seigle agit de deux façons pour maîtriser les mauvaises herbes. Premièrement, en formant une barrière physique par sa biomasse aérienne élevée. La biomasse sèche aérienne du seigle peut atteindre jusqu'à 8 tonnes métriques à l'hectare, formant ainsi un paillis dense et uniforme (Ryan et *al*., 2011b). Ce paillis réduit la transmittance de la lumière à la surface du sol, limitant ainsi la germination des mauvaises herbes (Teasdale et Mohler, 1993). Deuxièmement, le seigle est reconnu pour sa production de substances allélopathiques, le DIBOA et le BOA, permettant de réprimer la germination des mauvaises herbes (Barnes et Putnam, 1987). Le seigle d'automne agit donc à la fois de façon mécanique et de façon chimique sur les mauvaises herbes. Une nouvelle approche pour former un paillis de couverture uniforme est l'utilisation d'un rouleau crêpeur. Cet outil couche le seigle par terre tout en écrasant les vaisseaux vasculaires sans couper les tiges. Rouler le seigle plutôt que de le faucher ralentit la dégradation du paillis, puisque les tiges sont toujours reliées aux racines, et permet de former un paillis uniforme, facilitant le semis direct de la culture principale (Creamer et Dabney, 2002).

Le seigle d'automne peut réduire le rendement de la culture principale, en particulier celui du maïs (*Zea mays* L.) et des cucurbitacées (Clark et *al*., 1994; Caron, 2011; Couture et Rancourt, 2011; Toussaint et Ciotola, 2011; Carr et *al*., 2013). Une des raisons principales viendrait de l'immobilisation temporaire de l'azote lors de la dégradation du paillis de seigle (Rosecrance et *al*., 2000). En effet, un amendement ayant un rapport C/N > 30 causera une immobilisation temporaire de l'azote dans le sol lors de sa dégradation par les microorganismes du sol (Anonyme, 2010). Snapp et Borden (2005) ont démontré qu'à maturité la partie aérienne du seigle a un rapport C/N de 26 tandis que les racines ont un ratio de 100. Les travaux de Rosecrance et *al*. (2000) ont démontré qu'un paillis formé d'une combinaison de vesce velue (*Vicia villosa* Roth.) et de seigle d'automne entrainait une minéralisation nette de l'azote du sol. Un paillis formé de cette combinaison a donc un énorme potentiel pour offrir une excellente maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance des cucurbitacées, tout en offrant un rendement acceptable de la culture.

Nous formons donc l'hypothèse que l'emploi du seigle d'automne et de la vesce velue comme cultures de couverture, du rouleau crêpeur pour former un paillis uniforme et du semis direct est une combinaison efficace pour maîtriser les mauvaises herbes, tout en procurant un rendement adéquat, dans la citrouille et la courge spaghetti. La méthodologie utilisée permettra d'évaluer : 1) si l'ajout de vesce velue au seigle d'automne est avantageux et, si oui, à quelle dose de semis; 2) le stade de développement optimal du paillis au moment du passage du rouleau crêpeur; 3) si l'utilisation de glyphosate est requise avant le passage du rouleau crêpeur et 4) comment se comportent les cucurbitacées avec paillis de couverture comparées aux traitements témoins sans paillis.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Localisation et caractéristiques des sites expérimentaux

Ce projet de recherche a été implanté à deux sites de la région de Québec, la Station agronomique de l'Université Laval à Saint-Augustin-de-Desmaures et la Ferme Bédard et Blouin Inc. à Beauport, et s'est échelonné sur les années 2012-2013 et 2013-2014. Les coordonnées GPS des sites sont présentées dans le tableau 2.1. Les caractéristiques édaphiques des sols de chaque site expérimental sont présentées dans les tableaux 2.2 et 2.3. Nous n'avons pas l'analyse granulométrique à Beauport, alors seule la texture du sol est mentionnée. De plus, les deux champs utilisés à Beauport sont situés côte à côte et ne constituaient qu'un seul très grand champ au moment de l'analyse de sol. Leurs caractéristiques édaphiques sont donc identiques.

Tableau 2.1 Coordonnées GPS des sites expérimentaux

Année	Saint-Augustin-de-Desmaures	Beauport
2013	46°43'53.3"N; 71°31'14.6"W	46°53'18.8"N; 71°13'54.8"W
2014	46°43'26.5"N; 71°30'20.4"W	46°53'17.3"N; 71°13'58.6"W

Tableau 2.2 Caractéristiques édaphiques des sites expérimentaux pour les deux années à Saint-Augustin-de-Desmaures

Année	% sable	% limon	% argile	CEC	% M.O.	pH	Culture précédente
2013	65,0	31,3	3,7	21,0	3,9	6,8	Orge
2014	50,4	42,9	6,7	21,0	4,5	6,8	Avoine

CEC : Capacité d'échange cationique; M.O. : Matière organique; pH : pH eau

Tableau 2.3 Caractéristiques édaphiques des sites expérimentaux pour les deux années à Beauport

Année	Texture de sol	CEC	% M.O.	pH	Culture précédente
2013	Loam sableux	11,2	3,6	6,0	Trèfle rouge (1 an)
2014	Loam sableux	11,2	3,6	6,0	Trèfle rouge (2 ans)

CEC : Capacité d'échange cationique; M.O. : Matière organique; pH : pH eau

2.2.2. Mise en place des parcelles expérimentales

À l'automne 2012, les deux sites ont été labourés à l'aide d'une charrue à versoirs et hersés à l'aide d'un vibroculteur. Les deux sites ont reçu 110 kg/ha de nitrate d'ammoniaque (27-0-0) appliqué à la volée puis incorporé avant le semis de la vesce velue et du seigle d'automne. Le semis des parcelles expérimentales a eu lieu le 31 août 2012 à Saint-Augustin et le 7 septembre 2012 à Beauport et a été effectué à l'aide d'un semoir à céréale de marque Wintersteiger à une profondeur de 2 à 3 centimètres (cm). Chaque parcelle comprend 18 rangs écartés de 18 cm sur 9 mètres (m) de long. Au printemps 2013, tout le site de Saint-Augustin a reçu 150 kg/ha de 27-0-0 à la volée perpendiculairement aux parcelles. Aucune fertilisation n'a été apportée à Beauport.

À l'automne 2013, l'essai a été répété aux deux sites sur des champs différents. Tout comme en 2012, les deux sites ont été labourés puis hersés avec la même machinerie. Aucun engrais n'a été utilisé à Beauport vu le précédent trèfle et 200 kg/ha de 13-17-16 a été appliqué à la volée puis incorporé à Saint-Augustin vu la pauvreté du sol en phosphore et en potassium ainsi que le précédent avoine qui laissa énormément de résidus au sol. Le semis des parcelles a eu lieu le 30 août 2013 à Beauport et le 9 septembre 2013 à Saint-Augustin et s'est effectué de la même façon qu'en 2012. Au printemps 2014, les deux sites ont reçu 150 kg/ha de 27-0-0 à la volée perpendiculairement aux parcelles.

La citrouille et la courge spaghetti représentent deux expériences distinctes. Les cultures ont été soumises aux mêmes traitements et les essais ont été implantés côte à côte dans les mêmes champs. Le protocole expérimental comprend 14 traitements disposés selon un plan en blocs complets aléatoires. Chaque bloc est répété quatre fois, à deux sites et deux années. Les traitements sont résumés dans le tableau 2.4 et une illustration d'une année-site pour une culture est présentée en Annexe 1.

Tableau 2.4 Traitements du protocole expérimental

Traitement	Seigle (kg/ha)	Vesce velue (kg/ha)	Glyphosate (+/-)	Stade Zadoks
1	110	0	+	51[†]
2	110	0	+	69
3	110	0	-	51
4	110	0	-	69
5	90	20	+	51
6	90	20	+	69
7	90	20	-	51
8	90	20	-	69
9	90	30	+	51
10	90	30	+	69
11	90	30	-	51
12	90	30	-	69
13	Témoin enherbé sans paillis			
14	Témoin désherbé à la main sans paillis			

[†] Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

À l'automne, le seigle d'automne, cv 'Gauthier', fut ensemencé seul à une dose de semis de 110 kg/ha ou en combinaison (90 kg/ha) avec une dose faible de vesce velue (20 kg/ha) ou une dose forte de vesce velue (30 kg/ha). Deux traitements témoins sans culture de couverture ont aussi été implantés. Au printemps suivant, les cultures de couverture ont été détruites à deux stades phénologiques du seigle, début épiaison (Zadoks 51) et pleine floraison (Zadoks 69). Pour ce faire, les cultures de couverture ont reçu ou non 450 $g_{e.a.}$/ha de glyphosate pour ensuite être détruites à l'aide d'un rouleau crêpeur. L'application de glyphosate a été faite à l'aide d'un pulvérisateur à dos équipé d'une bonbonne de CO_2. Des buses TJ-8002 DG espacées de 50 cm sur une rampe de 3 m et situées à une hauteur de 50 cm au-dessus du seigle ont été utilisées. Le volume de bouillie appliqué était de 200 L/ha. Le rouleau crêpeur fut passé dans le sens de la longueur des parcelles afin de former un paillis uniforme. Les deux traitements témoins ont reçu 900 $g_{e.a.}$/ha de glyphosate avant le semis de la culture principale. Cette application s'est faite avec le même équipement et de la même façon que celle sur les cultures de couverture. Le traitement témoin désherbé à la main a ensuite été désherbé à la houe durant toute la saison de croissance des cucurbitacées et le traitement témoin enherbé n'a reçu aucun autre traitement de désherbage. Les tableaux 2.5 et 2.6 résument les dates d'interventions pour la formation des paillis de couverture en 2012-2013 et en 2013-2014.

Tableau 2.5 Dates d'interventions pour la formation des paillis en 2012-2013

	Saint-Augustin		Beauport	
	Zadoks 51†	Zadoks 69	Zadoks 51	Zadoks 69
Semis	31 août 2012		7 septembre 2012	
Fertilisation printanière	8 mai 2013		Aucune	
Glyphosate	27 mai 2013	5 juin 2013	27 mai 2013	4 juin 2013
Rouleau crêpeur	29 mai 2013	7 juin 2013	30 mai 2013	7 juin 2013

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.6 Dates d'interventions pour la formation des paillis en 2013-2014

	Saint-Augustin		Beauport	
	Zadoks 51†	Zadoks 69	Zadoks 51	Zadoks 69
Semis	9 septembre 2013		30 août 2013	
Fertilisation printanière	9 mai 2014		9 mai 2014	
Glyphosate	1 juin 2014	8 juin 2014	5 juin 2014	11 juin 2014
Rouleau crêpeur	4 juin 2014	11 juin 2014	8 juin 2014	16 juin 2014

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Les citrouilles, cv 'Field trip', et les courges spaghetti, cv 'Végétal amélioré', à Beauport et à Saint-Augustin ont été semées à la main respectivement les 10 et 11 juin en 2013 et les 16 et 17 juin en 2014. Chaque parcelle expérimentale comportait deux rangs de 10 plants avec 1,5 m entre les rangs et espacés de 90 cm sur le rang. Les cucurbitacées ont été semées en double pour ensuite être démariées au stade 3 feuilles pour assurer une uniformité de 20 plants par parcelle. Une photographie d'une parcelle type est présentée à l'Annexe 2. Par la suite, un apport azoté de 167 kg/ha de 27-0-0, soit environ 25 g par plant, fut appliqué à la volée autour des plants, à la main, à la floraison et avant une pluie.

2.2.3. Variables à l'étude

Les variables à l'étude permettant d'évaluer la qualité du paillis sont la biomasse sèche aérienne, la caractérisation botanique du paillis de couverture et le recouvrement (%) du paillis tout au long de la saison de croissance de la culture principale. Les variables à l'étude permettant d'évaluer l'efficacité des traitements à maîtriser les mauvaises herbes sont le recouvrement visuel (%) des mauvaises herbes et la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes. Les variables mesurant l'effet des traitements sur les cucurbitacées sont l'évolution du stade de développement de la culture principale, la biomasse sèche aérienne des plants, le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits. Les dates d'évaluation sont exprimées en semaines après l'émergence de la culture principale (SAE) (Tableau 2.7). Les dates d'émergence sont le 20 juin en 2013 et le 27 juin en 2014.

2.2.3.1. Biomasse sèche et caractérisation botanique du paillis de couverture

Avant le passage du rouleau crêpeur, la biomasse et la caractérisation botanique de chaque paillis ont été effectuées : en 2013, seulement dans le bloc #3 de chaque site; en 2014, dans chaque parcelle. Le seigle et la vesce velue ont été coupés au niveau du sol dans un quadrat de 0,25 m² (50 cm X 50 cm) placé au centre de la parcelle. Les deux espèces ont été séparées manuellement au moment de la prise de biomasse pour ensuite être séchées et pesées indépendamment. Pour évaluer la biomasse sèche, les échantillons ont été placés dans un séchoir à 60°C pendant une semaine puis pesés à l'aide d'une balance de précision. La biomasse sèche du paillis est exprimée en kilogramme à l'hectare (kg/ha).

2.2.3.2. Recouvrement du paillis de couverture

Le recouvrement du paillis de couverture est une estimation visuelle de la superficie de la parcelle recouverte par le paillis exprimée en pourcentage (%). Il s'agit donc d'une évaluation de la surface de recouvrement du paillis au sol par rapport à la surface de sol visible dans la parcelle. Elle permet ainsi d'obtenir une donnée de recouvrement sur une échelle de 0 à 100%. Cette variable a été évaluée à quatre reprises durant l'été 2014 seulement, soit à 2, 4, 6 et 8 SAE.

2.2.3.3. Recouvrement des mauvaises herbes

Le recouvrement des mauvaises herbes est une estimation visuelle de la superficie de la parcelle recouverte par les mauvaises herbes exprimée en pourcentage (%). Elle permet ainsi d'obtenir une donnée de recouvrement sur une échelle de 0 à 100%, 0% étant l'absence totale de mauvaises herbes et 100% étant le recouvrement complet de la parcelle par les mauvaises herbes. Cette variable a été évaluée à quatre reprises durant chaque été, soit à 2, 4, 6 et 8 SAE.

2.2.3.4. Biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes

La biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes présentes dans chaque parcelle a été déterminée à 8 SAE à chacune des années. Les mauvaises herbes ont été coupées au niveau du sol dans un quadrat de 0,25 m² (50 cm X 50 cm) placé aléatoirement au centre de la parcelle. Elles ont ensuite été classées selon leur groupe : dicotylédones annuelles (DA), dicotylédones vivaces (DV), graminées annuelles (GA) et graminées vivaces (GV) puis

placées dans un séchoir à 60°C pendant une semaine pour déterminer la biomasse sèche de chacun des groupes. La biomasse sèche est exprimée en gramme par mètre carré (g/m²).

2.2.3.5. Stade de développement de la culture

Le stade de développement de la culture principale a été déterminé à chaque année à 2, 4, 6, et 8 SAE. Le stade de développement représentatif de la parcelle était noté selon une échelle de 1 à 7 présentée dans le tableau 2.8.

2.2.3.6. Biomasse sèche aérienne des plants

La biomasse sèche aérienne des plants a été estimée à 6 SAE en 2014. Pour ce faire, un plant représentatif par parcelle, duquel on a retiré les fruits, a été prélevé, séché à 60°C pendant une semaine puis pesé à l'aide d'une balance de précision. La biomasse des plants est exprimée en gramme par plant (g/plant).

2.2.3.7. Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits

Pour déterminer le rendement, 6 plants sur 20 ont été choisis aléatoirement dans chaque parcelle et leurs fruits ont été récoltés. La récolte s'est effectuée à la main en coupant le pédoncule à environ 3 cm du fruit à l'aide d'un sécateur. Les fruits étaient ensuite nettoyés pour retirer l'excédent de terre puis pesés. Suite à la récolte, un classement a été fait pour départager les fruits commercialisables des fruits non commercialisables. Les critères principaux de déclassement étaient la présence de maladie, la malformation et l'immaturité. Ces caractères sont qualitatifs et le seuil de tolérance peut varier selon l'évaluateur. C'est pourquoi le même évaluateur fut utilisé à chaque année-site. Le rendement est exprimé en mégagramme à l'hectare (Mg/ha). De plus, le nombre de fruits récoltés sur les 6 plants a été noté pour déterminer le nombre moyen de fruits produits par plant dans chaque traitement. Finalement, à partir du rendement et du nombre de fruits par plant, il est possible de déterminer le calibre moyen des fruits.

Tableau 2.7 Dates de notation des variables étudiées à Saint-Augustin dans la citrouille et la courge spaghetti en 2013 et 2014

Variable étudiée	Date			
	2013		2014	
- Biomasse et caractérisation botanique du paillis	26 mai 3 juin	Zadoks 51† Zadoks 69	29 mai 6 juin	Zadoks 51 Zadoks 69
- Recouvrement du paillis de couverture (2014 seulement) - Recouvrement des mauvaises herbes - Stade de développement de la culture principale	3 (5) juillet 16 juillet 2 août 19 août	2 SAE 4 SAE 6 SAE 8 SAE	11 (15) juillet 29 juillet 11 (12) août 25 (26) août	2 SAE 4 SAE 6 SAE 8 SAE
- Biomasse sèche des plants de citrouille	NE		12 août	6 SAE
- Biomasse sèche des mauvaises herbes	12 août	8 SAE	25 (26) août	8 SAE
- Rendement - Nombre de fruits par plant - Calibre des fruits	23 (30) sept. 7 (15) octobre	Courge Citrouille	22 (24) sept. 30 (24) sept.	Courge Citrouille

SAE : Semaine après l'émergence de la culture principale (20 juin en 2013 et 27 juin en 2014)
NE : Non évalué
( ) : Dates d'observation à Beauport lorsque différent de Saint-Augustin
† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.8 Échelle des stades de développement des cucurbitacées

Stade	Phénologie
1	1 vraie feuille
2	2 feuilles
3	3 feuilles
4	4 feuilles
5	Boutons floraux
6	Floraison
7	Formation des fruits

2.2.4. Analyses statistiques

Le dispositif expérimental de cette expérience est un plan en blocs complets aléatoires avec quatre répétitions, 14 traitements et 4 années-sites. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS version 9.3 (SAS Institute, 2011). L'homogénéité de la variance et la normalité des résidus ont été vérifiées afin de respecter les postulats de l'ANOVA. Les moyennes des traitements ont été comparées entre elles à l'aide de contrastes simples, 13 au total, établis *a priori* à un seuil $\alpha = 0{,}05$. La liste des contrastes simples est présentée au tableau 2.9 et la matrice des contrastes est présentée à l'Annexe 3.

L'analyse combinée des deux sites d'essais n'a pas été effectuée due aux populations de mauvaises herbes très différentes entre les deux sites et aux problèmes ayant affecté la croissance et le rendement des cultures principales au site de Beauport. L'analyse combinée des deux années à chaque site a été effectuée pour les variables observées afin de vérifier la présence d'interactions entre les années et les traitements. Le modèle de l'ANOVA combinée des deux années pour une culture à un site est présenté au tableau 2.10. Dans le cas d'une interaction significative entre les traitements et les années, le modèle de l'ANOVA pour une culture à un site pour une année est présenté au tableau 2.11.

Tableau 2.9 Comparaisons simples *a priori* avec les traitements associés

No.	Comparaison simple	Traitement
1	Seigle pur *vs* Seigle + vesce velue	1, 2, 3 et 4 *vs* 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12
2	Vesce velue 20 kg/ha *vs* Vesce velue 30 kg/ha	5, 6, 7 et 8 *vs* 9, 10, 11 et 12
3	Rouleau crêpeur au Zadoks 51[†] *vs* Zadoks 69	1, 3, 5, 7, 9 et 11 *vs* 2, 4, 6, 8, 10 et 12
4	Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1, 2, 5, 6, 9 et 10 *vs* 3, 4, 7, 8, 11 et 12
5	Témoin enherbé sans paillis *vs* Traitements avec paillis	13 *vs* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12
6	Témoin désherbé à la main sans paillis *vs* Traitements avec paillis	14 *vs* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12
7	Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	1 *vs* 13
8	Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	2 *vs* 13
9	Zadoks 69 - glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	4 *vs* 13
10	Zadoks 51 + vesce velue 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	5 *vs* 13
11	Zadoks 69 + vesce velue 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	6 *vs* 13
12	Zadoks 69 + vesce velue 20 kg/ha - glyphosate *vs* Témoin enherbé sans paillis	8 *vs* 13
13	Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé à la main sans paillis	2 *vs* 14

[†] Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.10 Modèle de l'ANOVA combinée des deux années pour une culture à un site

Source de variation	d.l.	F théorique (α=0,05)
Modèle	33	1,59
Années	1	3,96
Traitements	13	1,85
Blocs (années)	6	2,22
Traitements * années	13	1,85
Erreur	78	
Total	111	

14 traitements X 4 blocs X 2 années = 112 unités expérimentales

Tableau 2.11 Modèle de l'ANOVA pour une culture à un site et une année

Source de variation	d.l.	F théorique (α=0,05)
Modèle	16	1,91
Traitements	13	1,98
Blocs	3	2,85
Erreur	39	
Total	55	

14 traitements X 4 blocs = 56 unités expérimentales

2.3. Résultats et discussion

Pour des raisons hors de notre contrôle, certains problèmes lors des deux années ont affecté la croissance et le rendement de la citrouille et de la courge spaghetti au site de Beauport. En 2013, des cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) ont dévoré la majorité des fruits. En 2014, des mesures ont été prises pour contrer ces derniers. Cependant, la croissance des plants a été grandement affectée par les grands vents soufflants à Beauport en 2014. C'est pourquoi seul le site de Saint-Augustin-de-Desmaures a été retenu pour une analyse détaillée. Les résultats concernant le paillis et la maîtrise des mauvaises herbes au site de Beauport sont utilisés pour appuyer les résultats de Saint-Augustin. Chaque année est présentée séparément, car des interactions significatives entre les traitements et les années ont été observées pour la majorité des variables. Les valeurs moyennes de toutes les comparaisons simples sont présentées dans les Annexes 4 à 35. Cependant, seules les comparaisons simples les plus pertinentes sont présentées et discutées ci-après. Pour chaque variable, les résultats de l'essai sur la citrouille sont présentés et discutés en premier

lieu. Les résultats de l'essai sur la courge spaghetti sont présentés et discutés en second lieu.

2.3.1. Le paillis de couverture

2.3.1.1. La survie à l'hiver du paillis de couverture

Aucune donnée n'a été prise afin d'évaluer la survie à l'hiver du paillis de couverture. En revanche, une observation visuelle de chaque parcelle a été faite au printemps pour cibler les parcelles affectées par l'hiver et les retirer de l'analyse statistique selon le cas.

En général, la survie à l'hiver du seigle d'automne fut excellente aux deux sites pour les deux années. Cela confirme les affirmations de Hayes et *al*. (2005b) concernant la grande rusticité du seigle d'automne. Par contre, la vesce velue a beaucoup moins bien survécu à l'hiver. Souvent, on observait un gradient entre les blocs. Certains blocs n'avaient plus du tout de vesce, tandis que la vesce velue était présente dans d'autres. Cette gradation est probablement reliée à une gradation de l'épaisseur de neige dans le champ et ainsi de l'isolation au froid. Ces résultats vont à l'encontre des affirmations de Verhallen et *al*. (2005) comme quoi la vesce velue peut résister à des températures hivernales très froides. Cependant, comme la vesce velue a été semée à la fin août-début septembre, elle n'a peut-être pas eu le temps de bien s'implanter avant l'hiver. Il faut rappeler que la date de semis recommandée pour la vesce velue est la mi-août (Sarrantonio, 1994; Verhallen et *al*., 2005). La cohabitation avec le seigle d'automne a aussi pu affecter son implantation. La faible survie à l'hiver de la vesce velue est observable par la biomasse des paillis (voir ci-après).

2.3.1.2. La biomasse sèche du paillis de couverture

Citrouille

Les résultats de l'année 2013 à Saint-Augustin et à Beauport sont présentés respectivement dans les tableaux 2.12 et 2.13. Chaque valeur représente une moyenne de six observations et est accompagnée d'un écart-type. On peut affirmer qu'en 2013, aux deux sites, les paillis formés au stade pleine floraison du seigle ont procuré une biomasse aérienne de seigle et une biomasse aérienne totale significativement plus élevée que les paillis formés au stade début épiaison.

Tableau 2.12 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

	Seigle	Vesce (kg/ha)	Totale
Zadoks 51†	3043,1 ± 393.2	0,2 ± 0,2	3043,3 ± 393,2
Zadoks 69	5560,4 ± 415,1	3,4 ± 8,1	5563,8 ± 417,5

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.13 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Beauport en 2013

	Seigle	Vesce (kg/ha)	Totale
Zadoks 51†	3451,7 ± 568,9	0,0 ± 0,0	3451,7 ± 568,9
Zadoks 69	5004,7 ± 621,7	0,1 ± 0,2	5004,8 ± 621,7

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Les tableaux 2.14 et 2.15 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture respectivement pour les sites de Saint-Augustin et de Beauport en 2014. Les deux traitements témoins sans paillis ont été retirés de l'analyse de la variance. L'ANOVA indique que les traitements ont un effet significatif sur la biomasse aérienne du seigle et la biomasse aérienne totale aux deux sites ainsi que sur la biomasse aérienne de la vesce à Beauport. Le stade de destruction du paillis de couverture a influencé significativement la biomasse sèche aérienne du seigle et la biomasse sèche aérienne totale en 2014 aux deux sites.

Tableau 2.14 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à St-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Seigle	Vesce	Totale
Modèle	14	3,58**	2,60	3,55**
Traitements	11	3,62**	1,39	3,83**
Blocs	3	3,44*	7,04***	2,51
Comparaison simple			kg/ha	
1. Seigle pur	1	5527,0	0,0	5527,0
vs Seigle + vesce		5448,4	114,3	5562,7
2. Vesce 20 kg/ha	1	5261,4	106,6	5368,0
vs Vesce 30 kg/ha		5635,3	122,1	5757,4
3. Zadoks 51†	1	4599,3	56,6	4655,9
vs Zadoks 69		6349,9***	95,8	6445,7***

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.15 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la citrouille à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	Seigle	Vesce	Totale
Modèle	14	5,69***	3,73**	5,63***
Traitements	11	4,85***	2,74*	4,83***
Blocs	3	8,73***	7,33***	8,57***
Comparaison simple			kg/ha	
1. Seigle pur	1	5915,8	0,0	5917,8
vs Seigle + vesce		6305,5	17,8***	6322,3
2. Vesce 20 kg/ha	1	6119,3	17,8	6137,1
vs Vesce 30 kg/ha		6491,7	17,9	6507,6
3. Zadoks 51†	1	5418,8	10,6	5429,4
vs Zadoks 69		6932,4***	13,2	6945,6***

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

En 2014, la biomasse sèche totale du paillis de couverture a été significativement plus élevée au stade pleine floraison (Zadoks 69) qu'au stade début épiaison (Zadoks 51) du seigle aux deux sites. Cette différence significative vient surtout du seigle, puisque la biomasse sèche de la vesce velue n'est pas significativement différente entre les deux stades. À Saint-Augustin, la biomasse sèche totale est passée de 4656 kg/ha au stade Zadoks 51 à 6446 kg/ha au stade Zadoks 69, soit une augmentation de 38% (Tableu 2.14). À Beauport, les résultats sont très similaires avec des biomasses sèches de 5429 kg/ha et de 6946 kg/ha aux mêmes stades, respectivement, soit une augmentation de 28% (Tableau 2.15). La biomasse sèche visée était de 7000 kg/ha. En 2014, aux deux sites, le paillis formé au stade Zadoks 69 s'en est fortement approché. Comme la biomasse du paillis de couverture est l'élément le plus important pour maîtriser les mauvaises herbes (Teasdale et Mohler, 1993), il est beaucoup plus avantageux d'attendre que le seigle soit au stade Zadoks 69 pour former le paillis. Surtout qu'il n'y a environ que huit jours entre les deux stades. Ces résultats appuient ceux de Mirsky et *al*. (2011) affirmant qu'au printemps la biomasse du seigle d'automne augmente de 37% en 10 jours. Aux deux sites, la biomasse du paillis fut moins élevée en 2013 (Tableaux 2.12 et 2.13). Une température plus fraiche et pluvieuse au printemps 2013 peut expliquer en partie cette différence.

Il faut remarquer la faible contribution de la vesce velue au paillis de couverture à chaque année aux deux sites. Cela s'explique par une très faible survie à l'hiver, démontrant que la vesce velue semée tardivement n'est pas une espèce adaptée au climat rigoureux du Québec. Sa faible contribution au paillis de couverture fait en sorte qu'aucun des résultats présentés dans ce mémoire ne sera significativement influencé par la présence de vesce velue ni par la dose de semis de vesce velue utilisée.

Courge spaghetti

Les résultats de l'année 2013 à Saint-Augustin et à Beauport sont présentés respectivement dans les tableaux 2.16 et 2.17. Chaque valeur représente une moyenne de six observations et est accompagnée d'un écart-type. En observant ces résultats, il est possible d'affirmer qu'en 2013, aux deux sites, les paillis formés au stade pleine floraison du seigle ont procuré une biomasse aérienne de seigle et une biomasse aérienne totale significativement plus élevée que les paillis formés au stade début épiaison.

Tableau 2.16 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

	Seigle	Vesce (kg/ha)	Totale
Zadoks 51†	3238,8 ± 524,6	0,3 ± 0,2	3239,1 ± 524,5
Zadoks 69	5306,3 ± 704,8	38,5 ± 46,7	5344,8 ± 705,6

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.17 Biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Beauport en 2013

	Seigle	Vesce (kg/ha)	Totale
Zadoks 51†	3367,7 ± 620,9	0,0 ± 0,0	3367,7 ± 620,9
Zadoks 69	5196,3 ± 756,0	0,0 ± 0,0	5196,3 ± 756,0

† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Les tableaux 2.18 et 2.19 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture respectivement pour les sites de Saint-Augustin et de Beauport en 2014. Les deux traitements témoins sans paillis ont été retirés de l'analyse de la variance. L'ANOVA indique que les traitements ont un effet très significatif sur la biomasse aérienne de seigle et la biomasse aérienne totale aux deux sites. Le stade de formation du paillis de couverture a influencé significativement la biomasse sèche aérienne de seigle et la biomasse sèche aérienne totale en 2014 aux deux sites.

Tableau 2.18 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Seigle	Vesce	Totale
Modèle	14	9,26***	0,90	9,09***
Traitements	11	6,93***	0,85	6,73***
Blocs	3	9,49***	0,87	8,94***
Comparaison simple			kg/ha	
1. Seigle pur	1	5735,3	0,00	5735,3
vs Seigle + vesce		5581,4	83,4	5664,8
2. Vesce 20 kg/ha	1	5779,7	61,3	5841,0
vs Vesce 30 kg/ha		5383,1	105,6	5488,7
3. Zadoks 51†	1	4807,2	71,5	4878,7
vs Zadoks 69		6733,4***	34,5	6767,9***

*** est significatif à P<0,001
† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

Tableau 2.19 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche du paillis de couverture dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	Seigle	Vesce	Totale
Modèle	14	8,88***	1,92	9,01***
Traitements	11	9,80***	1,91	9,84***
Blocs	3	5,54**	1,93	5,95**
Comparaison simple			kg/ha	
1. Seigle pur	1	6057,7	0,0	6057,7
vs Seigle + vesce		5610,1	27,0	5637,1
2. Vesce 20 kg/ha	1	5480,7	22,0	5502,7
vs Vesce 30 kg/ha		5739,6	31,9	5771,5
3. Zadoks 51†	1	4698,6	28,3	4726,9
vs Zadoks 69		6820,0***	7,7	6827,7***

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement
† Zadoks et *al*. (1974) : 51 = début épiaison; 69 = pleine floraison

On observe exactement les mêmes tendances que dans la citrouille avec une biomasse sèche totale du paillis de couverture significativement plus élevée au stade Zadoks 69 qu'au stade Zadoks 51 aux deux sites. À Saint-Augustin, en 2014, la biomasse sèche totale est de 4879 kg/ha au stade Zadoks 51 comparativement à 6758 kg/ha au stade Zadoks 69, soit une augmentation de 38% (Tableau 2.18). À Beauport, les résultats sont très similaires avec des biomasses sèches de 4727 kg/ha et de 6828 kg/ha respectivement, soir une augmentation de 44% (Tableau 2.19).

Ces résultats confirment ceux obtenus dans la citrouille. Premièrement, les paillis formés au stade Zadoks 69 ont une biomasse sèche significativement plus élevée que ceux formés au stade Zadoks 51. Deuxièmement, la vesce velue contribue très faiblement au paillis, ce qui fera en sorte qu'aucune des variables étudiées dans ce mémoire ne sera affectée significativement par la vesce.

2.3.1.3. Le recouvrement du paillis de couverture

Citrouille

Le recouvrement du paillis de couverture a été observé à 2, 4, 6 et 8 semaines après l'émergence (SAE) des citrouilles aux deux sites en 2014 afin d'évaluer la dégradation du paillis. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.20 et 2.21. Les deux traitements témoins sans paillis ont été retirés de l'analyse de la variance. L'analyse de la variance indique un effet significatif des traitements à toutes les dates à Saint-Augustin et à 4 et 6 SAE à Beauport.

Tableau 2.20 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	14	5,96***	6,73***	9,55***	6,14***
Traitements	11	7,18***	8,04***	11,58***	7,52***
Blocs	3	1,48	1,92	2,10	1,1

*** est significatif à P<0,001
SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.21 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la citrouille à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	14	1,45	3,00**	3,37**	1,94
Traitements	11	1,10	2,13*	2,21*	1,17
Blocs	3	2,76	6,23**	7,63***	4,73**

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
SAE = semaines après l'émergence

Les figures 2.1 et 2.2 présentent respectivement le contraste entre les deux stades de formation du paillis et le contraste entre la destruction des paillis avec glyphosate et les paillis sans glyphosate. La figure 2.3 présente quatre traitements individuels sans analyse statistique permettant de mieux interpréter les contrastes présentés précédemment. Le stade de destruction du paillis de couverture a influencé significativement le recouvrement visuel de ce dernier à chacune des dates d'évaluation à Saint-Augustin et à 2 et 4 SAE à Beauport. L'utilisation ou non de glyphosate a influencé significativement le recouvrement visuel du paillis de couverture à chacune des dates d'évaluation au site de Saint-Augustin seulement.

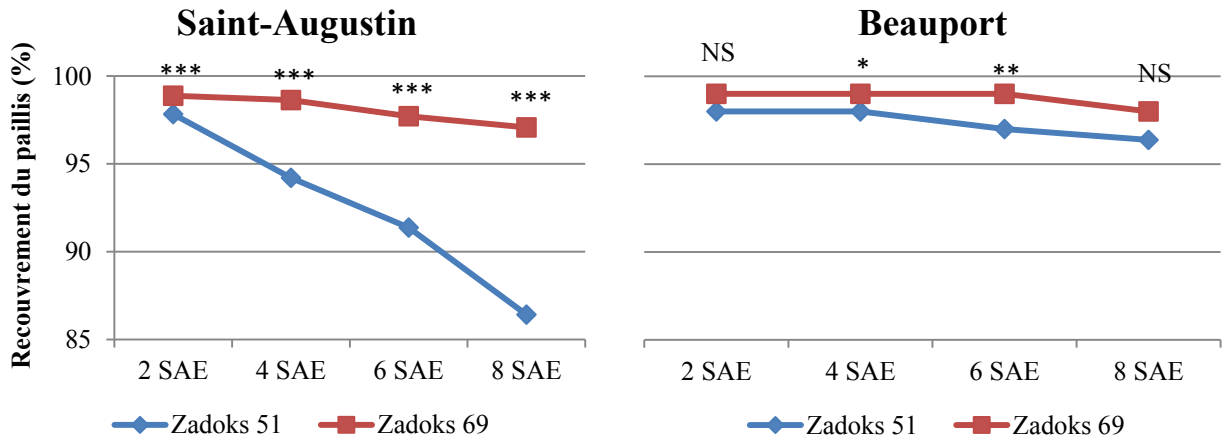

Figure 2.1 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture roulé au stade Zadoks 51 comparée au stade Zadoks 69 dans la citrouille aux deux sites en 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

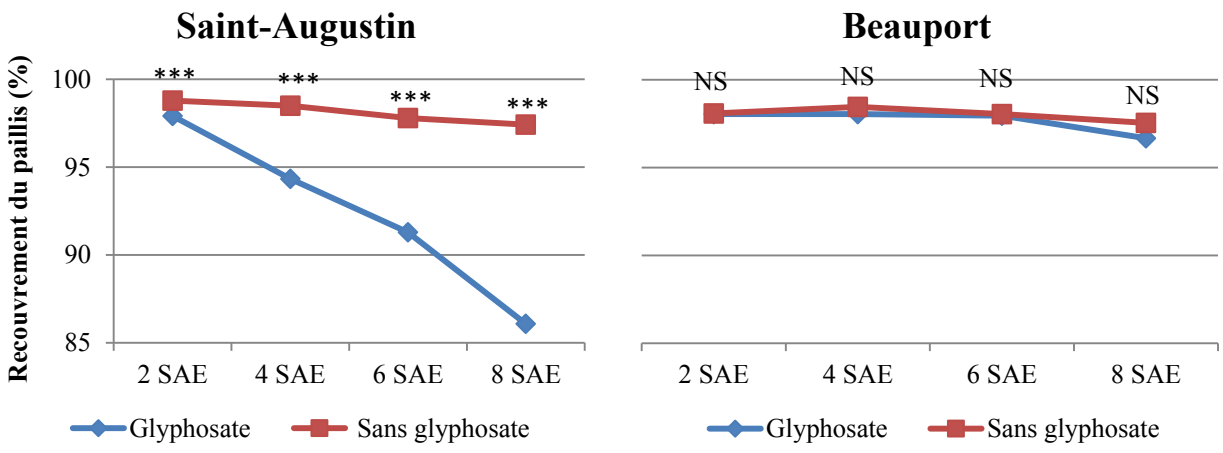

Figure 2.2 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture traité au glyphosate comparée à celui non traité au glyphosate dans la citrouille aux deux sites en 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

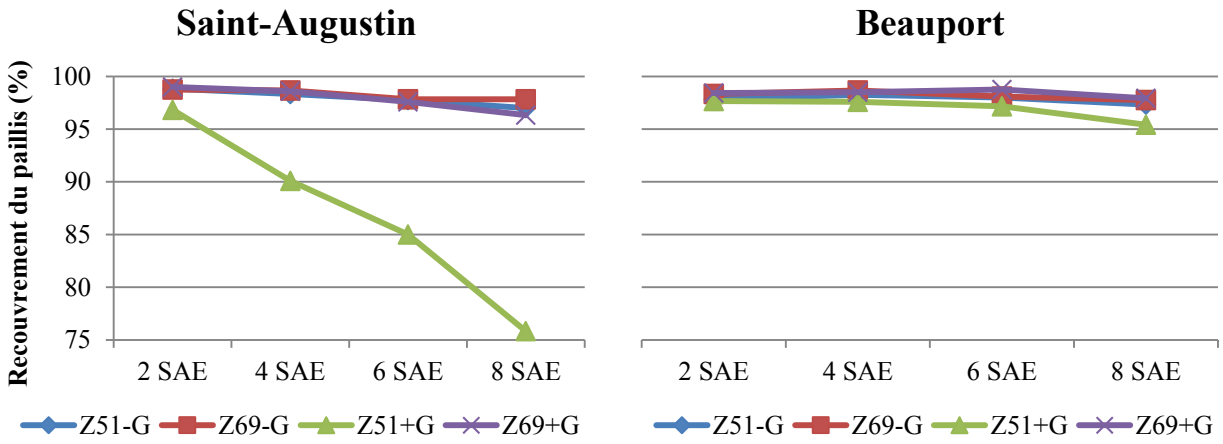

Figure 2.3 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture de seigle pour chaque traitement individuel dans la citrouille aux deux sites en 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = sans glyphosate; +G = avec glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Le stade de développement du paillis de couverture de seigle au moment de sa formation affecte significativement le recouvrement au sol durant la saison. Aux deux sites, les paillis formés au stade Zadoks 69 conservent un excellent recouvrement du sol tout au long de la saison de croissance des citrouilles. À Saint-Augustin, les paillis formés au stade Zadoks 51 se dégradent rapidement pendant la saison de croissance, tandis que ceux formés au stade Zadoks 69 ne se dégradent que très légèrement. À 8 SAE, les paillis formés au stade

Zadoks 69 couvrent encore 97% des parcelles contre 86% pour ceux formés au stade Zadoks 51 (Figure 2.1). À Beauport, les paillis ne se sont presque pas dégradés pendant la saison, par contre, le recouvrement du sol des paillis formés au stade Zadoks 51 est significativement inférieur à celui des paillis formés au stade Zadoks 69 à 4 et 6 SAE (Figure 2.1).

L'utilisation de glyphosate a affecté significativement le recouvrement du sol par le paillis à Saint-Augustin, mais pas à Beauport. Une pluie peu de temps après l'application de glyphosate au stade Zadoks 51 à Beauport peut expliquer la divergence entre les deux sites. Il a été observé, au champ, que les traitements de glyphosate à ce stade n'avaient pas bien fonctionné. À Saint-Augustin, l'utilisation de glyphosate accélère la dégradation du paillis de couverture et diminue ainsi son recouvrement au sol durant la saison. À 8 SAE, les paillis sans glyphosate couvrent toujours 97% des parcelles en moyenne contre 86% pour les paillis avec glyphosate (Figure 2.2).

En observant l'évolution des traitements individuels tout au long de la saison de végétation (Figure 2.3), nous pouvons voir qu'à Beauport tous les traitements sont sensiblement identiques et offrent tous un excellent recouvrement du sol avec un recouvrement moyen de 97% à 8 SAE. À Saint-Augustin, on observe que les paillis formés sans glyphosate, peu importe le stade de développement, procurent un recouvrement élevé du sol avec 97% de recouvrement en moyenne à 8 SAE. Par contre, lorsque le glyphosate est utilisé, seuls les paillis formés au stade Zadoks 69 conservent un recouvrement de sol élevé (96% à 8 SAE) tandis que ceux formés au stade Zadoks 51 se dégradent rapidement (76% à 8 SAE). C'est donc les traitements Zadoks 51 + glyphosate (avec ou sans vesce) qui causent en grande partie les différences significatives observées dans les deux contrastes présentés précédemment. Cela explique pourquoi il n'y a pas de différence significative à Beauport pour le contraste glyphosate *vs* sans glyphosate, puisqu'une pluie a vraisemblablement lessivé le glyphosate lors de l'application au stade Zadoks 51.

Ces résultats appuient ceux de Snapp et Borden (2005), attestant que l'utilisation de glyphosate augmente la vitesse de dégradation du paillis. Si l'utilisation de glyphosate s'avère nécessaire, il est primordial d'avoir un paillis avec le plus de biomasse aérienne possible afin de conserver un recouvrement élevé du sol tout au long de la saison de végétation et assurer une bonne maîtrise des mauvaises herbes. La formation du paillis par le passage du rouleau crêpeur à la pleine floraison du seigle (Zadoks 69) est donc à prioriser pour obtenir cette biomasse aérienne élevée.

Courge spaghetti

Le recouvrement (%) du paillis de couverture a été observé à 2, 4, 6 et 8 semaines après l'émergence des courges spaghetti aux deux sites en 2014 afin d'évaluer la dégradation du paillis. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.22 et 2.23. Les deux traitements témoins sans paillis ont été retirés de l'analyse de la variance. L'analyse de la variance indique un effet significatif des traitements à toutes les dates à Saint-Augustin et à 4, 6 et 8 SAE à Beauport.

Tableau 2.22 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	14	3,59**	2,68**	2,84**	4,89***
Traitements	11	3,98**	2,66*	2,95**	5,08***
Blocs	3	2,16	2,77	2,43	4,17*

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.23 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour le recouvrement du paillis dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	14	1,22	3,37**	3,05**	3,17**
Traitements	11	1,51	3,88**	2,56*	2,97**
Blocs	3	0,15	1,52	4,84**	3,89*

*, ** est significatif à P<0,05 et P<0,01, respectivement
SAE = semaines après l'émergence

Les figures 2.4 et 2.5 présentent respectivement le contraste entre les deux stades de formation du paillis et le contraste entre les paillis avec glyphosate et les paillis sans glyphosate. La figure 2.6 présente quatre traitements individuels sans analyse statistique permettant de mieux interpréter les contrastes présentés précédemment. Le stade de formation du paillis de couverture a influencé significativement le recouvrement visuel de ce dernier à chacune des dates d'évaluation aux deux sites, sauf à 2 SAE à Beauport. L'utilisation ou non de glyphosate a influencé significativement le recouvrement visuel du paillis de couverture à chacune des dates d'évaluation au site de Saint-Augustin seulement.

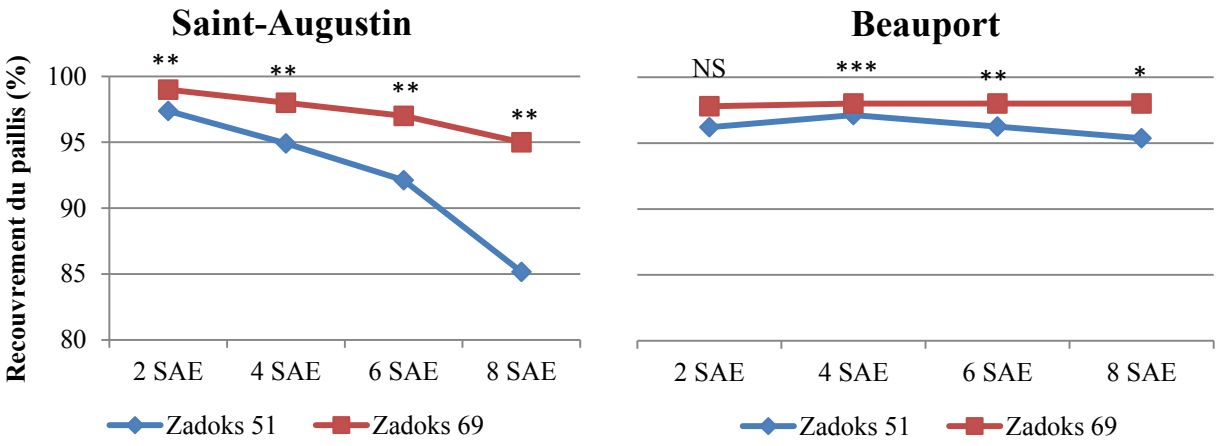

Figure 2.4 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture roulé au stade Zadoks 51 comparée au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

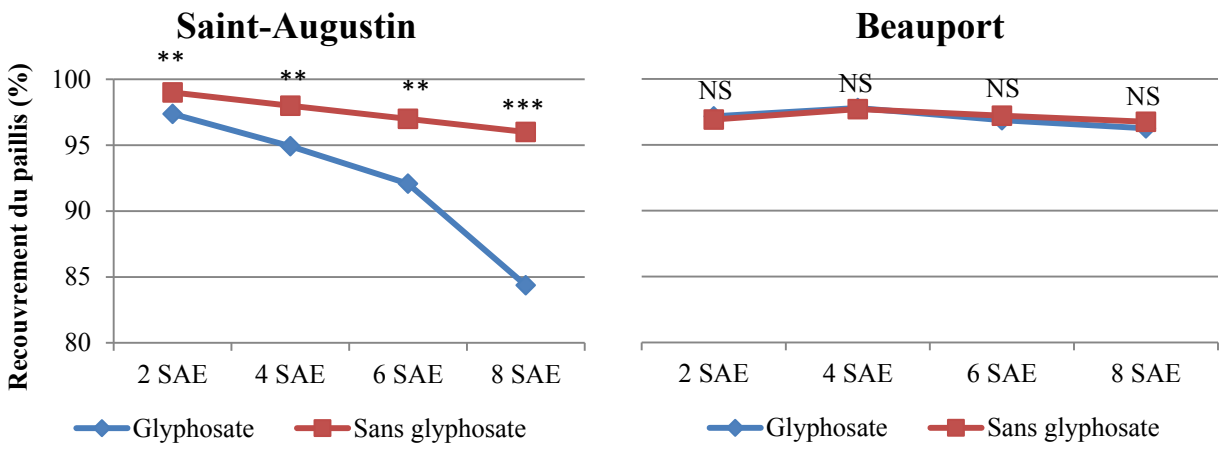

Figure 2.5 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture traité au glyphosate comparée à celui non traité au glyphosate dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, **, *** est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

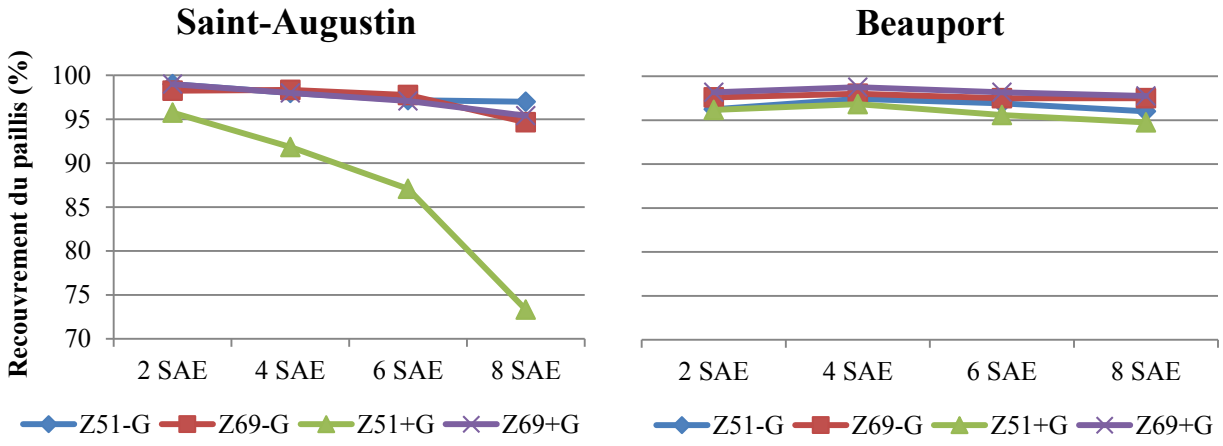

Figure 2.6 Évolution du recouvrement (%) du paillis de couverture de seigle pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti aux deux sites en 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = Sans glyphosate; +G = Glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Dans la courge spaghetti, on retrouve exactement les mêmes tendances que dans la citrouille. À Beauport, tous les traitements conservent un recouvrement élevé tout au long de la saison (97% à 8 SAE en moyenne) en raison de la pluie qui a lessivé le glyphosate appliqué au stade Zadoks 51. À Saint-Augustin, les paillis formés sans glyphosate, peu importe le stade de développement, procurent un recouvrement élevé du sol d'en moyenne 95% à 8 SAE. Lorsque le glyphosate est utilisé, les paillis formés au stade Zadoks 69 conservent un recouvrement élevé du sol avec 95% à 8 SAE, tandis que ceux formés au stade Zadoks 51 se dégradent rapidement avec un recouvrement de 73% à 8 SAE (Figure 2.6).

Ces résultats indiquent que le glyphosate augmente la vitesse de dégradation du paillis et qu'il est primordial d'avoir la plus grande biomasse de paillis possible au moment du traitement de glyphosate pour conserver un recouvrement élevé du sol tout au long de la saison de végétation lorsqu'il est utilisé.

2.3.2. La maîtrise des mauvaises herbes

La population de mauvaises herbes était très différente entre les deux sites. En 2013, les mauvaises herbes dominantes étaient le galinsoga cilié (*Galinsoga quadriradiata* Ruiz &Pavon), la rorippe d'Islande (*Rorippa islandica* (Oeder) Borbás), le pissenlit (*Taraxacum officinale* F.H. Wiggers), le panic capillaire (*Panicum capillare* L.) et le pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) Palisot de Beauvois) à Saint-Augustin et la lychnide blanche (*Silene latifolia* Poiret), la renouée liseron (*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve), le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.) et le panic capillaire (*Panicum capillare* L.) à Beauport.

En 2014, les mauvaises herbes dominantes étaient le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), l'amarante (*Amaranthus powellii* S. Watson), la rorippe d'Islande (*Rorippa islandica* (Oeder) Borbás), le plantain majeur (*Plantago major* L.) et le panic capillaire (*Panicum capillare* L.) à Saint-Augustin et la lychnide blanche (*Silene latifolia* Poiret), le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), la renouée liseron (*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve), le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.) et le chiendent (*Elymus repens* (L.) Gould) à Beauport.

2.3.2.1. Le recouvrement des mauvaises herbes

Citrouille

À Saint-Augustin, la pression des mauvaises herbes était très différente entre les deux années. En 2013, elle était très élevée et dominée par le galinsoga cilié. En 2014, elle était beaucoup plus faible et dominée par le chénopode blanc et l'amarante de Powell. À Beauport, la pression des mauvaises herbes était sensiblement la même les deux années. Dans les deux cas, les mauvaises herbes dominantes étaient la lychnide blanche et la renouée liseron.

À chaque année, le recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes a été estimé à 2, 4, 6 et 8 semaines après l'émergence de la citrouille aux deux sites afin d'étudier l'efficacité des paillis à maîtriser les mauvaises herbes. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour le recouvrement des mauvaises herbes à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.24 et 2.25. L'ANOVA combinée indique qu'il existe un effet très significatif des traitements sur le recouvrement des mauvaises herbes pour chacune des dates d'observation à chaque site.

Tableau 2.24 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le recouvrement des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	90,45***	115,14***	114,50***	60,28***
Années	1	94,49***	228,97***	654,04***	532,69***
Traitements	13	182,48***	246,93***	200,74***	92,34***
Blocs (années)	6	1,67	0,60	1,90	0,86
Traitements*années	13	39,11***	27,46***	38,74***	19,32***

*** est significatif à P<0,001
SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.25 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Beauport pour le recouvrement des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	11,36***	21,07***	14,62***	8,47***
Années	1	0,11	15,81***	18,15***	1,95
Traitements	13	28,22***	47,73***	29,57***	16,26***
Blocs (années)	6	0,66	5,88***	10,41***	9,97***
Traitements*années	13	0,31	1,83	1,23	0,45

*** est significatif à P<0,001
SAE = semaines après l'émergence

Une interaction significative entre les traitements et les années est observée à chacune des dates d'observation à Saint-Augustin. Pour cette raison et par souci d'uniformité, les résultats de chaque année sont présentés séparément pour chacun des sites. Les Annexes 4 et 5 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples à St-Augustin respectivement en 2013 et 2014. Les Annexes 6 et 7 présentent ces mêmes résultats à Beauport. Le stade de développement du seigle au moment de la formation du paillis de couverture ainsi que l'utilisation ou non de glyphosate ont influencé significativement le recouvrement (%) des mauvaises herbes aux deux sites lors des deux années, excepté pour l'utilisation de glyphosate à Beauport en 2014.

Les figures 2.7 et 2.8 présentent le contraste entre les deux stades de formation du paillis pour les deux années à respectivement Saint-Augustin et à Beauport. Les figures 2.9 et 2.10 présentent le contraste entre les paillis avec glyphosate et les paillis sans glyphosate pour les deux années à respectivement Saint-Augustin et à Beauport. Les figures 2.11 et 2.12 présentent cinq traitements individuels sans analyse statistique pour les deux années à respectivement Saint-Augustin et à Beauport. Ces dernières permettent de mieux interpréter les contrastes présentés précédemment.

Saint-Augustin

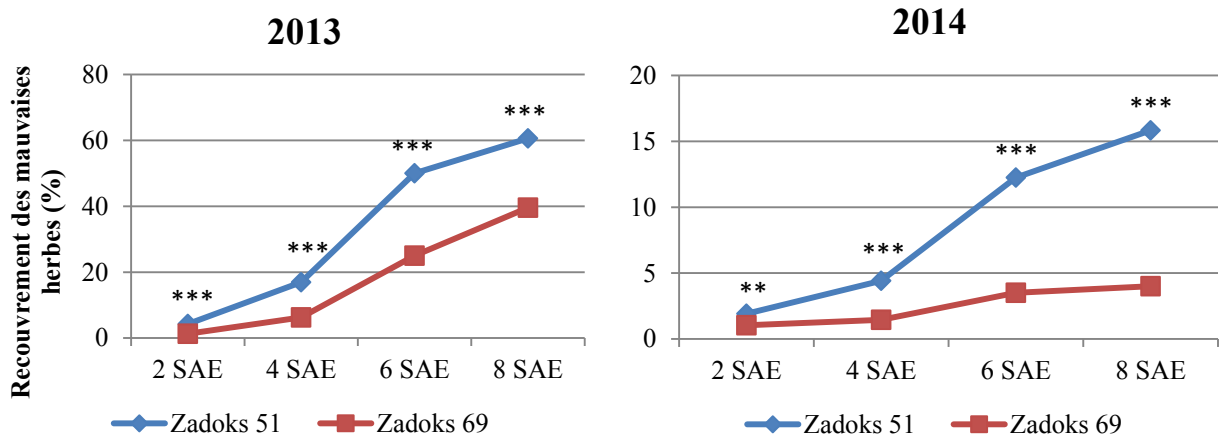

Figure 2.7 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, **, *** est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement.
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

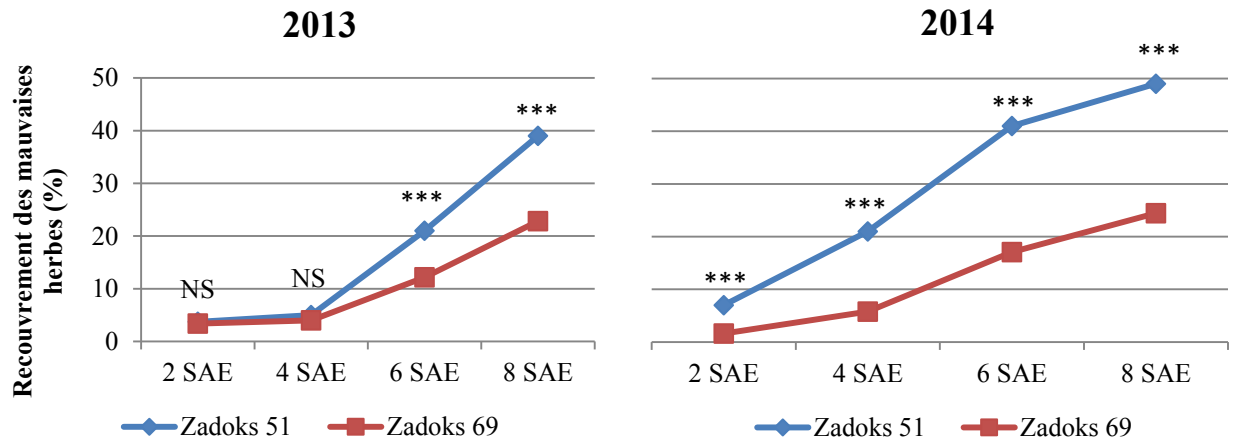

Figure 2.8 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Saint-Augustin

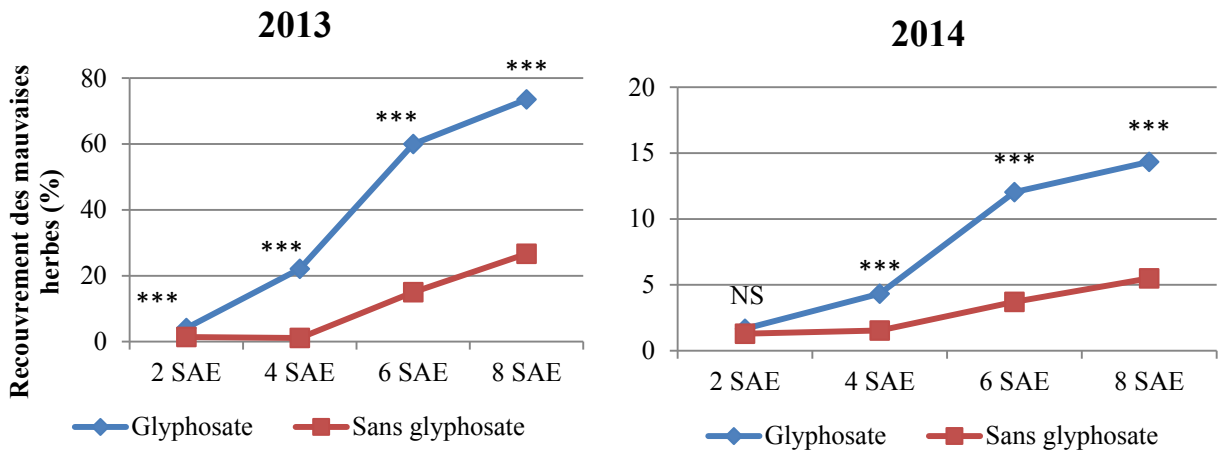

Figure 2.9 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

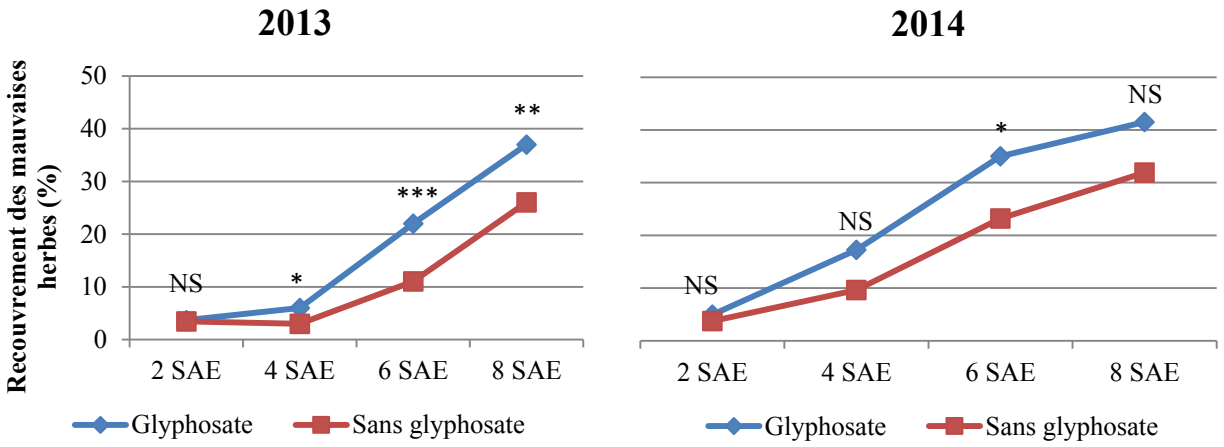

Figure 2.10 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Saint-Augustin

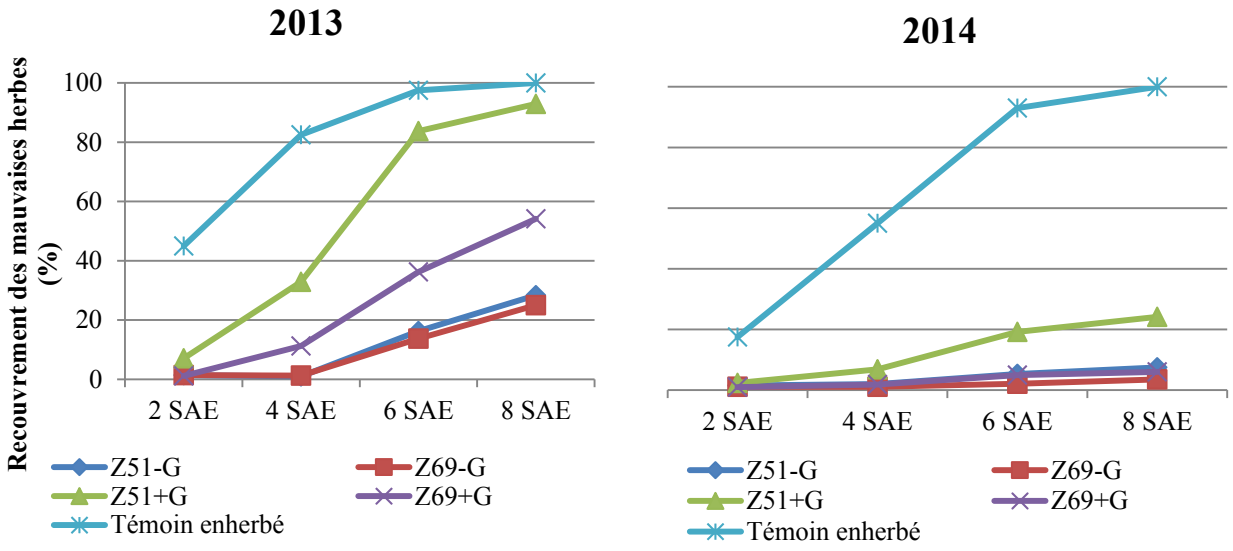

Figure 2.11 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = sans glyphosate; +G = avec glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

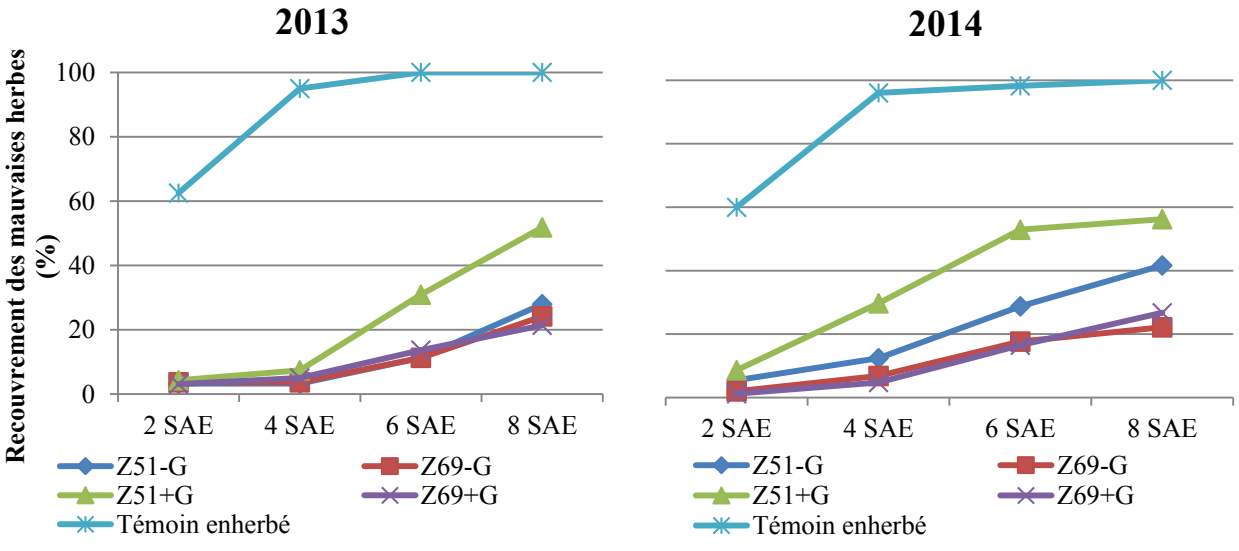

Figure 2.12 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la citrouille à Beauport en 2013 et 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = sans glyphosate; +G = avec glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Sachant que la période critique pendant laquelle les mauvaises herbes ne doivent pas compétitionner avec les citrouilles afin d'éviter une perte de rendement est d'environ 6 semaines après le semis (Couture et Rancourt, 2011) et qu'il y a environ 10 jours entre le semis et l'émergence des plantules, la prise de données faite à 8 SAE sera notre référence pour évaluer si les mauvaises herbes posaient un risque à la culture ou non.

À Saint-Augustin, le stade de développement du seigle au moment de la formation du paillis influence significativement le pourcentage de recouvrement visuel des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance, et ce, lors des deux années. À Beauport, on observe la même tendance en 2014, tandis qu'en 2013 la différence significative n'est observable qu'à partir de 6 SAE (Figures 2.7 et 2.8).

Les paillis formés au stade Zadoks 69 du seigle sont beaucoup plus efficaces et maintiennent un recouvrement des mauvaises beaucoup plus faible que les paillis formés au stade Zadoks 51. À Saint-Augustin, ces paillis avaient respectivement un recouvrement de 40% contre 61% à 8 SAE en 2013 et de 4% contre 16% au même moment en 2014. À Beauport les recouvrements étaient de 23% contre 39% à 8 SAE en 2013 et de 24% contre 49% en 2014 (Figures 2.7 et 2.8).

Ces résultats vont dans le sens de ceux obtenus pour le recouvrement visuel des paillis au sol. Les paillis ayant une biomasse plus élevée couvrent mieux le sol et maîtrisent plus efficacement les mauvaises herbes. Ces résultats appuient ceux de Teasdale et Mohler (1993) qui ont démontré que la biomasse du paillis de couverture était le facteur le plus déterminant pour maîtriser efficacement les mauvaises herbes. Un paillis avec une biomasse supérieure limitera la transmittance de la lumière et inhibera plus efficacement la germination et la croissance des mauvaises herbes.

L'application de glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur a un impact significatif sur le recouvrement visuel des mauvaises herbes durant la saison. Cette différence significative a été observée en 2013 et 2014 à Saint-Augustin et en 2013 à Beauport. Au site de Beauport en 2014, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements

avec et sans glyphosate malgré l'écart entre les deux courbes (Figure 2.10). Cela est probablement dû à une trop grande variabilité des données, nous empêchant ainsi d'affirmer qu'il y a une différence significative. Il faut rappeler qu'une averse est survenue peu de temps après l'application de glyphosate au stade Zadoks 51 en 2014. La quantité de glyphosate lessivée dans chaque parcelle étant aléatoire, cela a ainsi contribué à augmenter la variabilité.

Les paillis mis en place au rouleau crêpeur sans application préalable de glyphosate sont beaucoup plus efficaces pour minimiser le recouvrement des mauvaises herbes comparés aux paillis formés avec application préalable de glyphosate. À Saint-Augustin, les paillis sans glyphosate avaient en moyenne un recouvrement de 27% contre 74% pour ceux avec glyphosate à 8 SAE en 2013 et de 6% contre 14% au même moment en 2014. À Beauport, le recouvrement était de 26% contre 37% à 8 SAE en 2013 (Figures 2.9 et 2.10).

Ces résultats vont aussi dans le sens de ceux obtenus pour le recouvrement visuel du paillis de couverture. Les paillis formés sans application préalable de glyphosate restent pratiquement intacts et se dégradent très peu durant la saison de croissance. Ils maintiennent ainsi un recouvrement élevé du sol tout au long de celle-ci, ce qui entraîne une excellente maîtrise des mauvaises herbes. Par contre, l'utilisation de glyphosate accélère la dégradation du paillis et diminue ainsi grandement le recouvrement de ce dernier au sol. Cette diminution du recouvrement du sol fait en sorte que les mauvaises herbes peuvent croitre et s'implanter plus facilement.

En observant les traitements individuels (Figures 2.11 et 2.12), on peut affirmer qu'en général tous les paillis réduisent grandement le taux d'enherbement des parcelles comparativement au traitement témoin enherbé sans paillis. Pour les deux années à Saint-Augustin ainsi qu'en 2013 à Beauport, les paillis mis en place sans glyphosate, peu importe le stade de développement du seigle, ont donné des résultats similaires et offrent une excellente maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance. À Saint-Augustin, les recouvrements de mauvaises herbes pour les stades Zadoks 51 et 69 étaient respectivement de 28% et de 25% à 8 SAE en 2013 et respectivement de 8% et de 4% au

même moment en 2014 (Figure 2.11). À Beauport, le recouvrement des mauvaises herbes était de 28% et de 24% au même moment en 2013 (Figure 2.12). Parmi tous les traitements, le paillis roulé au stade Zadoks 51 avec une application de glyphosate préalable au passage du rouleau crêpeur fut le moins efficace contre les mauvaises herbes. En effet, en moyenne à Saint Augustin, 93% de la parcelle était recouverte de mauvaises herbes à 8 SAE en 2013. Cela n'est pas très différent du traitement témoin enherbé (100% de recouvrement). Lors de la même année, le paillis avec glyphosate, mais roulé au stade Zadoks 69 a procuré une efficacité intermédiaire avec 54% de recouvrement des mauvaises herbes en moyenne (Figure 2.11). En 2014, le traitement Zadoks 51 + glyphosate a donné un recouvrement des mauvaises herbes de 24% à 8 SAE. Le traitement Zadoks 69 + glyphosate a, quant à lui, obtenu un résultat similaire aux paillis sans glyphosate avec 6% de recouvrement à 8 SAE (Figure 2.11). À Beauport, les résultats furent similaires à ceux de Saint-Augustin avec un recouvrement de 52% contre 21% pour les mêmes traitements à 8 SAE en 2013 (Figure 2.12). Ces résultats vont dans le sens de ceux de Mohler et Teasdale (1993) qui ont déterminé que l'efficacité à long terme d'un paillis était dépendante de la quantité de biomasse aérienne de ce dernier.

En résumé, les paillis de seigle formés sans application préalable de glyphosate procurent une excellente maîtrise des mauvaises herbes pendant toute la saison de croissance. Par contre, s'il y a une application de glyphosate préalablement au passage du rouleau crêpeur, l'efficacité du paillis à maîtriser les mauvaises herbes sera dépendante de la biomasse de celui-ci.

Courge spaghetti

Le recouvrement visuel des mauvaises herbes a été noté à 2, 4, 6 et 8 semaines après l'émergence de la courge spaghetti aux deux sites en 2013 et 2014 afin d'étudier l'efficacité des paillis à maîtriser les mauvaises herbes. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour le recouvrement des mauvaises herbes à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.26 et 2.27. L'ANOVA combinée indique qu'il existe un effet très significatif des traitements sur le recouvrement des mauvaises herbes pour chacune des dates d'observation à chaque site.

Tableau 2.26 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le recouvrement des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	82,41***	42,52***	39,59***	27,50***
Années	1	43,92***	29,23***	121,88***	144,49***
Traitements	13	189,31***	101,00***	80,78***	51,81***
Blocs (années)	6	0,41	0,56	1,07	1,43
Traitements*années	13	16,31***	4,44***	9,85***	6,21***

*** est significatif à P<0,001; SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.27 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Beauport pour le recouvrement des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	18,98***	32,38***	24,19***	13,14***
Années	1	38,34***	161,26***	131,82***	57,34***
Traitements	13	38,96***	54,85***	40,52***	20,42***
Blocs (années)	6	4,45***	15,33***	13,81***	14,99***
Traitements*années	13	4,22***	7,87***	4,37***	1,61

*** est significatif à P<0,001; SAE = semaines après l'émergence

L'interaction entre les traitements et les années est significative à chacune des dates d'observation à Saint-Augustin et à 2, 4 et 6 SAE à Beauport. Les résultats de chaque année sont donc présentés séparément pour chacun des sites. Les Annexes 8 et 9 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples à Saint-Augustin en 2013 et 2014. Les Annexes 10 et 11 présentent ces mêmes résultats à Beauport. Le stade de destruction du paillis de couverture ainsi que l'utilisation ou non de glyphosate ont influencé significativement le recouvrement visuel des mauvaises herbes aux deux sites lors des deux années.

Les figures 2.13 et 2.14 présentent le contraste entre les deux stades de formation du paillis pour les deux années à respectivement Saint-Augustin et Beauport. Les figures 2.15 et 2.16 présentent le contraste entre les paillis avec glyphosate et les paillis sans glyphosate pour les deux années respectivement à Saint-Augustin et Beauport. Les figures 2.17 et 2.18 présentent cinq traitements individuels sans analyse statistique pour les deux années respectivement à Saint-Augustin et Beauport.

Saint-Augustin

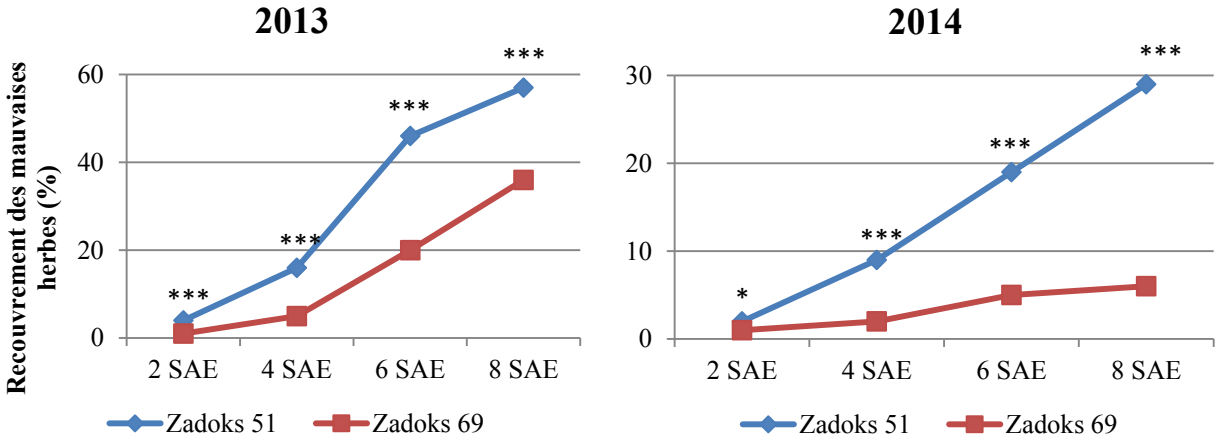

Figure 2.13 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement.
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

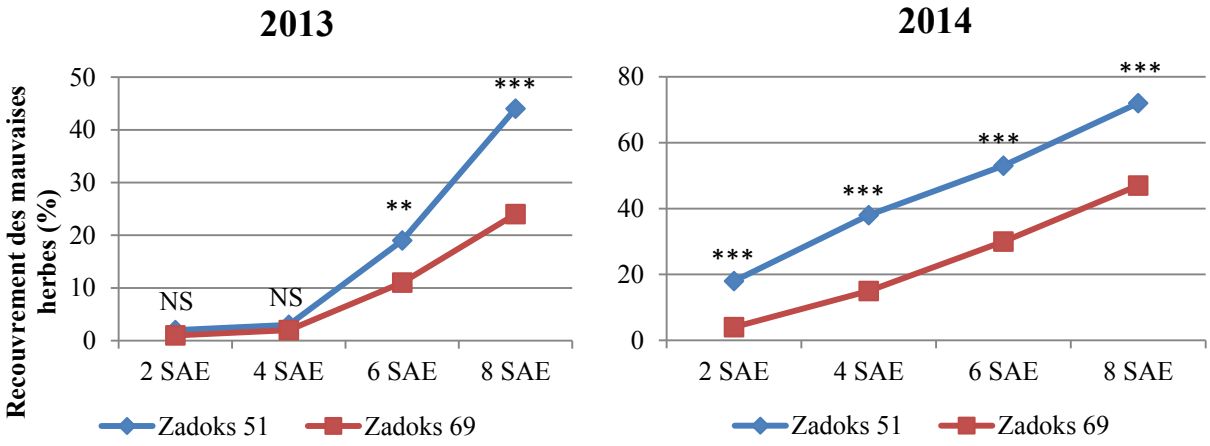

Figure 2.14 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles roulées au stade Zadoks 51 comparée à celles roulées au stade Zadoks 69 dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, **, *** est significatif à P<0,01 et P<0,001 respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Saint-Augustin

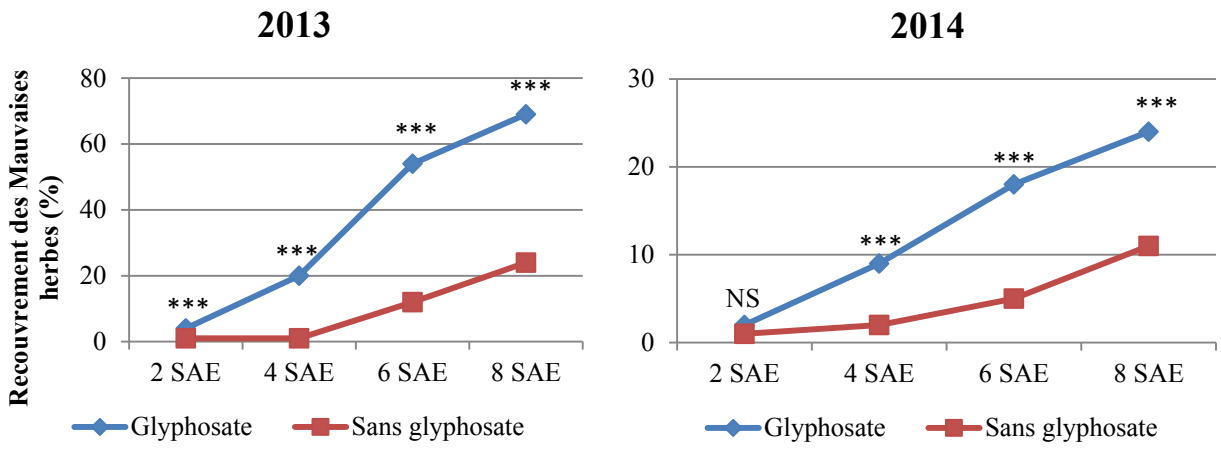

Figure 2.15 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

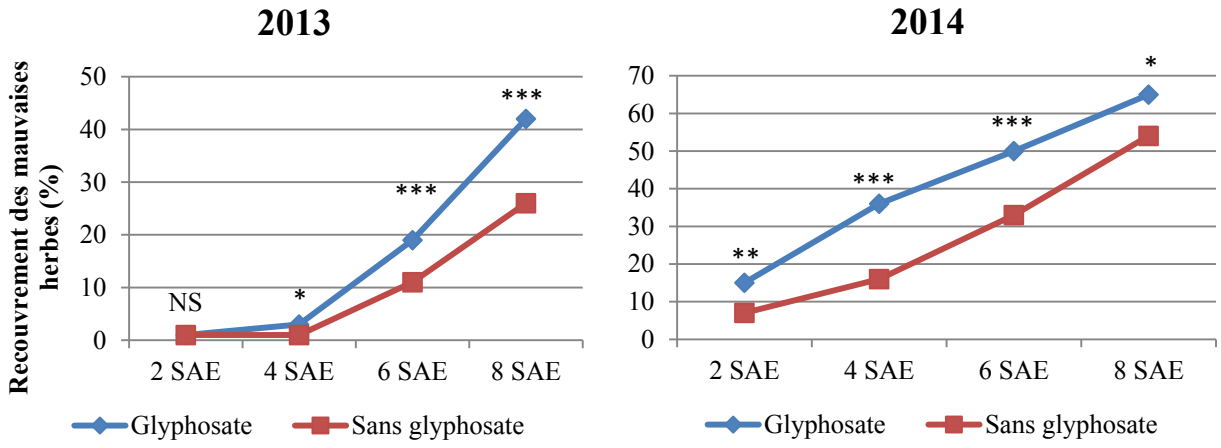

Figure 2.16 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes dans les parcelles traitées au glyphosate comparée à celles non traitées au glyphosate dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Saint-Augustin

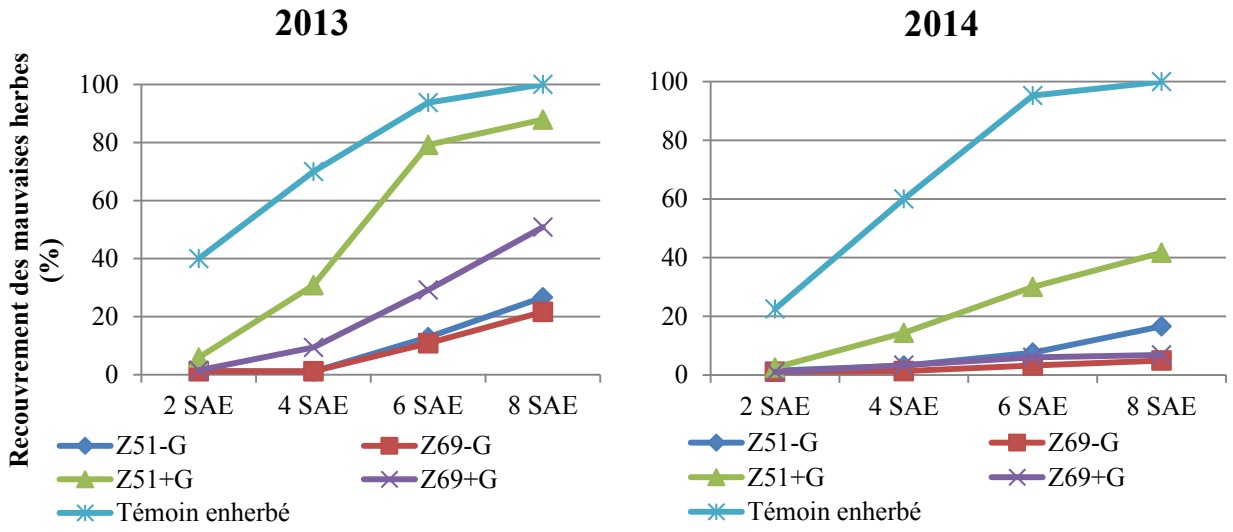

Figure 2.17 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = sans glyphosate; +G = avec glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Beauport

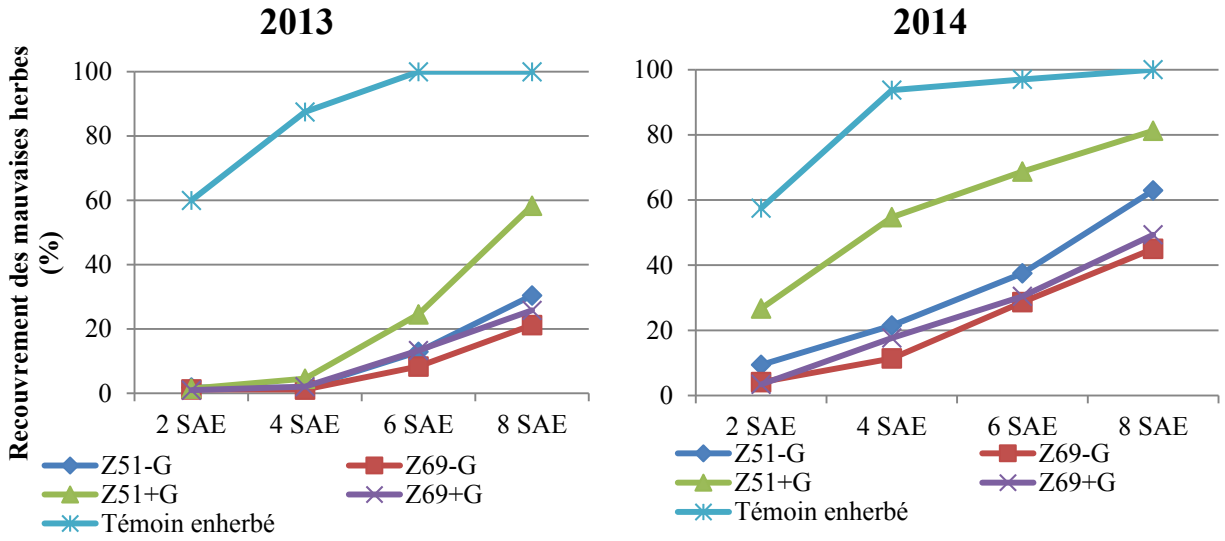

Figure 2.18 Évolution du recouvrement (%) visuel des mauvaises herbes pour chaque traitement individuel dans la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014

Z51 = Zadoks 51; Z69 = Zadoks 69; -G = sans glyphosate; +G = avec glyphosate
SAE = semaines après l'émergence

Les résultats sont très similaires à ceux obtenus chez la citrouille. À Saint-Augustin, le stade de développement du seigle au moment de la formation du paillis influence significativement le recouvrement visuel des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance, et ce lors des deux années. À Beauport, on observe la même tendance en 2014, tandis qu'en 2013 la différence significative n'est observable qu'à partir de 6 SAE (Figure 2.13 et 2.14).

À Saint-Augustin, les paillis formés au stade Zadoks 69 comparativement à ceux formés au stade Zadoks 51 avaient respectivement un recouvrement de 36% contre 57% à 8 SAE en 2013 et de 6% contre 29% au même moment en 2014. À Beauport les mêmes paillis avaient un recouvrement de 24% contre 44% à 8 SAE en 2013 et de 47% contre 72% en 2014 au même moment (Figures 2.13 et 2.14). Ces résultats sont très similaires à ceux obtenus dans la citrouille et confirment que les paillis formés au stade Zadoks 69 sont beaucoup plus efficaces à maîtriser les mauvaises herbes en conservant un pourcentage de recouvrement beaucoup plus faible tout au long de la saison de croissance que les paillis formés au stade Zadoks 51.

L'utilisation de glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur a un impact significatif sur le recouvrement visuel des mauvaises herbes à long terme. Les paillis sans glyphosate sont beaucoup plus efficaces pour minimiser le recouvrement des mauvaises herbes comparés aux paillis avec glyphosate. À Saint-Augustin, ces paillis avaient respectivement un recouvrement de 24% contre 69% à 8 SAE en 2013 et de 11% contre 24% au même moment en 2014. À Beauport, ces mêmes paillis avaient respectivement un recouvrement de 26% contre 42% à 8 SAE en 2013 et de 54% contre 65% au même moment en 2014 (Figures 2.15 et 2.16). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans la citrouille et confirment que les paillis formés sans glyphosate sont plus efficaces à maîtriser les mauvaises herbes que les paillis formés avec glyphosate.

En observant les traitements individuels (Figures 2.17 et 2.18), on peut affirmer qu'en général tous les paillis réduisent grandement le taux d'enherbement des parcelles comparativement au traitement témoin enherbé sans paillis. Les traitements Zadoks 51 sans glyphosate, Zadoks 69 sans glyphosate et Zadoks 69 + glyphosate offrent généralement une

excellente maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance. À Saint-Augustin, le recouvrement des mauvaises herbes dans ces parcelles à 8 SAE est de 27%, 22% et 51% respectivement en 2013 et de 17%, 5% et 7% respectivement en 2014. À Beauport, il est de 30%, 21% et 26% en 2013 et de 63%, 45%, et 49% en 2014.

Par contre, comme dans la citrouille, le paillis formé au stade Zadok 51 avec une application de glyphosate préalable au passage du rouleau crêpeur ne sont pas efficaces pour maîtriser les mauvaises herbes. En moyenne, à Saint Augustin, 88% et 42% de la parcelle était recouverte de mauvaises herbes à 8 SAE respectivement en 2013 et 2014. À Beauport, 58% et 81% de la parcelle était recouverte de mauvaises herbes à 8 SAE respectivement en 2013 et 2014 (Figures 2.17 et 2.18).

En résumé, ces résultats confirment ceux observés dans la citrouille. Les paillis n'utilisant pas de glyphosate offrent une excellente maîtrise des mauvaises herbes pendant toute la saison de croissance des cucurbitacées. Par contre, si l'utilisation de glyphosate s'avère nécessaire, l'efficacité du paillis sera alors dépendante de la biomasse de celui-ci.

2.3.2.2. La biomasse sèche des mauvaises herbes

Citrouille

La biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes a été évaluée aux deux sites en 2013 et 2014 à huit semaines après l'émergence de la citrouille. Certaines mauvaises herbes peuvent recouvrir beaucoup d'espace, mais peser très peu (ex. : renouée liseron), tandis que d'autres peuvent couvrir peu d'espace et peser très lourd (ex. : chénopode blanc). La biomasse sèche vient donc compléter les résultats présentés dans la section précédente. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.28 et 2.29. L'ANOVA combinée indique qu'il existe un effet très significatif des traitements sur la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et vivaces, des graminées annuelles et des mauvaises herbes totales à St-Augustin ainsi que sur la biomasse sèche des dicotylédones totales et des mauvaises herbes totales à Beauport.

Tableau 2.28 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	DA	DV	GA	Totale
Modèle	33	5,73***	3,43***	4,11***	15,04***
Années	1	30,39***	14,27***	8,14**	76,20***
Traitements	13	7,52***	4,07***	5,92***	21,59***
Blocs (années)	6	1,53	1,54	1,65	1,08
Traitements*années	13	3,99***	2,82**	3,13***	10,23***

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles

Tableau 2.29 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Beauport pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	Dicot.	Gram.	Totale
Modèle	33	5.78***	1.61*	5.84***
Années	1	0.01	7.75**	1.62
Traitements	13	11.96***	1.39	11.15***
Blocs (années)	6	3.32**	2.49*	3.75**
Traitements*années	13	1.06	0.92	1.52

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles

Une interaction significative entre les traitements et les années est observée pour la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et vivaces, des graminées annuelles et des mauvaises herbes totales à Saint-Augustin. Pour cette raison et par souci d'uniformité, les résultats de chaque année seront présentés séparément pour chacun des sites. Les Annexes 12 et 13 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples à St-Augustin respectivement en 2013 et 2014. Les Annexes 14 et 15 présentent ces mêmes résultats à Beauport. Les tendances sont très semblables à celles observées pour le recouvrement visuel. Les résultats principaux sont présentés dans les tableaux 2.30 et 2.31. À Beauport en 2014, suite à une erreur d'identification entre les espèces annuelles et vivaces, les mauvaises herbes ont été divisées en dicotylédones totales et en gaminées totales.

À Saint-Augustin, le stade de développement du seigle au moment de la formation du paillis a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles en 2013 et 2014, celle des dicotylédones vivaces en 2014 ainsi que la biomasse sèche totale lors des deux années (Tableau 2.30). À Beauport, ce facteur n'a eu aucune influence sur la biomasse des mauvaises herbes en 2013, mais a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones et la biomasse sèche totale en 2014 (Tableau 2.31). Dans tous ces cas, il y avait une biomasse sèche significativement plus faible dans les paillis formés au stade Zadoks 69 que dans ceux formés au stade Zadoks 51.

À Saint-Augustin, l'utilisation du glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et vivaces ainsi que la biomasse sèche totale en 2013, mais n'a eu aucun effet significatif en 2014 (Tableau 2.30). La même tendance s'observe à Beauport alors que l'utilisation de glyphosate a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes en 2013, mais n'a eu aucun impact sur la biomasse sèche des mauvaises herbes en 2014 (Tableau 2.31). Dans tous ces cas, il y avait une biomasse sèche de mauvaises herbes significativement plus petites dans les parcelles sans glyphosate comparativement à celles avec glyphosate.

Au moment d'identifier les contrastes *a priori*, le traitement Zadoks 69 + glyphosate apparaissait comme étant potentiellement le meilleur parmi les douze évalués et a été comparé avec le traitement témoin enherbé sans paillis et le traitement témoin désherbé à la main sans paillis. À Saint-Augustin, ce traitement a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles, des graminées annuelles et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes en 2013 par rapport au traitement témoin enherbé. La diminution de la biomasse des graminées annuelles est particulièrement intéressante, car elle est de 141,43 g/m² dans le traitement témoin enherbé contre 1,05 g/m² dans le traitement Zadoks 69 + glyphosate. Il s'agit d'une diminution de 99%. Le paillis de seigle d'automne est donc extrêmement efficace pour réprimer les graminées annuelles. En 2014, ce traitement a diminué significativement la biomasse sèche de tous les types de mauvaises herbes comparativement au traitement témoin enherbé. En prenant la biomasse sèche totale des

mauvaises herbes, on peut observer que le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué de 73% et de 96% la biomasse totale de mauvaises herbes respectivement en 2013 et en 2014 (Tableau 2.30). À Beauport, le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes par rapport au traitement témoin enherbé lors des deux années. Ce traitement a diminué de 66% et de 86%, respectivement en 2013 et 2014, la biomasse sèche totale des mauvaises herbes comparativement au traitement témoin enherbé (Tableau 2.31).

Le traitement Zadoks 69 + glyphosate est très similaire au traitement témoin désherbé à la main. Effectivement, à Saint-Augustin, seules la biomasse sèche des dicotylédones vivaces et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes étaient légèrement plus élevées dans le traitement Zadoks 69 + glyphosate que dans le traitement témoin désherbé à la main en 2013, alors qu'en 2014 les deux traitements étaient identiques. La même tendance fut observée à Beauport alors que seule la biomasse sèche des dicotylédones annuelles était légèrement plus élevée dans le traitement Zadoks 69 + glyphosate que dans le traitement témoin désherbé à la main en 2013, alors qu'en 2014 les deux traitements étaient identiques (Tableaux 2.30 et 2.31). Ce traitement a donc une très grande efficacité à maîtriser les mauvaises herbes.

Tableau 2.30 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 semaines après l'émergence de la citrouille à Saint-Augustin en 2013 et 2014

	2013				2014			
Comparaison simple	DA	DV	GA	Totale	DA	DV	GA	Totale
	(g/m²)				(g/m²)			
Zadoks 51	69,7**	25,0	13,5	108,2***	15,9*	13,0**	2,0	30,9**
vs Zadoks 69	31,2	19,8	1,6	52,6	4,9	3,4	0,4	8,7
Glyphosate	96,0***	42,8***	15,0	153,8***	15,1	6,2	2,0	23,3
vs Sans glyphosate	4,9	2,0	0,1	7,0	5,7	10,2	0,4	16,3
Zadoks 69 + glyphosate	40,9	43,8	1,1	85,8	4,3	0,6	0,2	5,1
vs Témoin enherbé	118,2*	59,2	141,4***	318,8***	60,1***	32,6***	24,2***	116,9***
Zadoks 69 + glyphosate	40,9	43,8*	1,1	85,8*	4,3	0,6	0,2	5,1
vs Témoin désherbé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.31 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 semaines après l'émergence de la citrouille à Beauport en 2013 et 2014

	2013				2014		
Comparaison simple	DA	DV	GA	Totale	Dicot.	Gram.	Totale
	(g/m²)				(g/m²)		
Zadoks 51	51,8	4,9	4,9	61,6	67,6*	20,2	87,8**
vs Zadoks 69	48,6	2,2	0,8	51,6	34,2	6,7	40,9
Glyphosate	80,8***	0,6	5,7	87,1***	63,1	11,7	74,8
vs Sans glyphosate	22,2	6,2	0,2	28,6	38,2	15,2	53,4
Zadoks 69 + glyphosate	59,5	0,0	0,0	59,5	34,8	20,8	55,6
vs Témoin enherbé	154,3**	16,0	5,0	175,3***	235,0***	45,8	280,8***
Zadoks 69 + glyphosate	59,5*	0,0	0,0	59,5	34,4	8,8	43,2
vs Témoin désherbé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Lors de la prise de biomasse des mauvaises herbes en 2014, la biomasse sèche des tiges verticales de seigle a aussi été déterminée aux deux sites pour évaluer le regain du seigle suite au passage du rouleau crêpeur. Cette biomasse vise à évaluer l'efficacité des traitements à maîtriser le paillis de seigle. Le seigle ayant repris sa croissance est considéré comme une mauvaises herbe, car il entre alors en compétition avec la culture principale pour les ressources du milieu comme la lumière, l'eau et les nutriments (Carr et *al*., 2013). Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.32 et 2.33. Les traitements ont influencé significativement le regain de seigle à Saint-Augustin, mais non à Beauport.

Tableau 2.32 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	8 SAE
Modèle	16	2,37*
Traitements	1	2,43*
Blocs	13	2,13

* est significatif à P<0,05
SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.33 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la citrouille à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	8 SAE
Modèle	16	0,96
Traitements	1	0,95
Blocs	13	1,03

SAE = semaines après l'émergence

Les tableaux 2.34 et 2.35 présentent le contraste entre les paillis formés au stade Zadoks 51 et ceux au stade Zadoks 69 et celui entre les paillis préalablement traités avec glyphosate et sans glyphosate, respectivement à Saint-Augustin et Beauport. Le stade du seigle à la formation du paillis et l'utilisation ou non de glyphosate ont influencé significativement la biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014. Aucune différence significative entre les traitements n'a été obtenue à Beauport.

Tableau 2.34 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Comparaison simple	Seigle (g/m²)
Zadoks 51	8,6*
vs Zadoks 69	1,4
Glyphosate	0,0
vs Sans glyphosate	10,0**

*, ** est significatif à P<0,05 et P<0,01, respectivement
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.35 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la citrouille à Beauport en 2014

Comparaison simple	Seigle (g/m²)
Zadoks 51	10,0
vs Zadoks 69	6,6
Glyphosate	7,1
vs Sans glyphosate	9,5

Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

À Saint-Augustin, le paillis de seigle a été mieux maîtrisé au stade pleine floraison (Zadoks 69) qu'au stade début épiaison (Zadoks 51) (Tableau 2.34). Cela appuie les résultats de Mirsky et *al*. (2009) affirmant que le regain du seigle est bien maîtrisé par le rouleau crêpeur à partir du stade de l'anthèse (Zadoks 61). À ce stade, le seigle est beaucoup plus lignifié et a terminé sa croissance active pour amorcer sa reproduction. Cela rend le rouleau crêpeur beaucoup plus efficace pour former un paillis uniforme. Par contre, cette différence significative n'a pas été observée à Beauport (Tableau 2.35).

À Saint-Augustin, on observe que l'usage du rouleau crêpeur seul n'a pas été suffisant pour bien maîtriser le seigle. En effet, aucun regain de seigle n'a été observé dans les parcelles traitées avec glyphosate comparativement à une moyenne de 10 grammes de seigle par mètre carré dans les parcelles non traitées avec glyphosate. Ces résultats appuient ceux de Mischler et *al*. (2010) et de Carr et *al*. (2013). Dans le premier cas, aucun regain de seigle n'a été observé lorsque le paillis était roulé au stade de l'anthèse (Zadoks 62) avec une application de glyphosate préalable au passage du rouleau crêpeur. Dans le second, où le

rouleau crêpeur a été utilisé seul sans application de glyphosate, le seigle n'a pas été maîtrisé lorsque roulé au stade de l'anthèse (Zadoks 63) et a été maîtrisé à 85% lorsque roulé au stade de grains laiteux (Zadoks 73). À Beauport, aucune différence significative n'a été observée fort probablement en raison du traitement de glyphosate ayant été lessivé. Le seigle est donc effectivement mieux maîtrisé par le rouleau crêpeur lorsqu'il est à un stade de maturité plus avancé. Par contre, l'utilisation de glyphosate est nécessaire pour former un paillis uniforme exempt de regain de seigle.

Courge spaghetti

La biomasse sèche des mauvaises herbes a été évaluée aux deux sites en 2013 et 2014 à 8 SAE pour être utilisée comme outil complémentaire au recouvrement visuel des mauvaises herbes. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.36 et 2.37. L'ANOVA combinée indique qu'il existe un effet très significatif des traitements sur toutes les variables observées à Saint-Augustin et à Beauport.

Tableau 2.36 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	DA	DV	GA	Totale
Modèle	33	3,32***	3,67***	2,18**	6,17***
Années	1	2,25	21,05***	2,45	10,90**
Traitements	13	7,20***	4,66***	3,33***	12,55***
Blocs (années)	6	0,80	1,19	2,87*	0,93
Traitements*années	13	0,68	2,50**	0,70	1,86*

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles

Tableau 2.37 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Beauport pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes

Source de variation	d.l.	Dicot.	Gram.	Totale
Modèle	33	5,89***	3,75***	6,42***
Années	1	13,17***	10,24***	20,18***
Traitements	13	10,01***	3,81***	12,19***
Blocs (années)	6	6,33***	4,52***	2,77*
Traitements*années	13	0,93	2,69***	1,16

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles

Une interaction significative entre les traitements et les années est observée pour la biomasse sèche des dicotylédones vivaces et des mauvaises herbes totales à St-Augustin ainsi que pour la biomasse sèche des graminées totales à Beauport. Pour cette raison, les résultats de chaque année seront présentés séparément pour chacun des sites. Les Annexes 16 et 17 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples à St-Augustin respectivement en 2013 et 2014. Les Annexes 18 et 19 présentent ces mêmes résultats à Beauport. Les principaux résultats sont présentés dans les tableaux 2.38 et 2.39.

À Saint-Augustin, le stade de développement du seigle au moment de la formation du paillis a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones vivaces et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes en 2013, mais n'a eu aucune influence sur la biomasse des mauvaises herbes en 2014 (Tableau 2.38). À Beauport, ce facteur n'a eu aucune influence sur la biomasse des mauvaises herbes en 2013, mais a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones en 2014 (Tableau 2.39). Dans tous ces cas, il y avait une biomasse sèche significativement plus faible dans les paillis formés au stade Zadoks 69 par rapport à ceux formés au stade Zadoks 51.

À Saint-Augustin, l'utilisation du glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur a affecté significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et vivaces ainsi que la biomasse sèche totale en 2013, mais n'a eu aucun effet significatif en 2014 (Tableau 2.38). À Beauport, l'inverse s'est produit alors que l'utilisation de glyphosate n'a eu aucune influence significative sur les mauvaises herbes en 2013 alors qu'elle a affecté

significativement la biomasse sèche des dicotylédones et la biomasse sèche totale en 2014 (Tableau 2.39). Dans tous ces cas, il y avait une biomasse sèche significativement plus petite dans les parcelles sans glyphosate par rapport aux parcelles avec glyphosate.

À Saint-Augustin, le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes en 2013 par rapport au traitement témoin enherbé. En 2014, ce traitement a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles, des gaminées annuelles et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes comparativement au traitement témoin enherbé. En prenant la biomasse sèche totale des mauvaises herbes, on peut observer que le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué de 72% et de 94% la biomasse totale de mauvaises herbes en respectivement 2013 et en 2014 (Tableau 2.38). À Beauport, le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones annuelles et la biomasse sèche totale des mauvaises herbes en 2013 par rapport au traitement témoin enherbé. En 2014, ce traitement a diminué significativement la biomasse sèche des dicotylédones, des graminées et la biomasse sèche totale par rapport au traitement témoin enherbé. Le traitement Zadoks 69 + glyphosate a diminué de 67% et de 74%, en respectivement 2013 et 2014, la biomasse sèche totale des mauvaises herbes comparativement au traitement témoin enherbé (Tableau 2.39).

Le traitement Zadoks 69 + glyphosate est très similaire au traitement témoin désherbé à la main. Effectivement, à Saint-Augustin, seule la biomasse sèche des dicotylédones vivaces en 2013 était légèrement plus élevée dans ce traitement que dans le témoin désherbé à la main. Il n'y avait pas de différence entre les deux traitements pour toutes les autres variables étudiées en 2013 et 2014. À Beauport, seule la biomasse sèche totale des mauvaises herbes était légèrement plus élevée dans le traitement Zadoks 69 + glyphosate que dans le témoin désherbé à la main en 2013. En 2014, la biomasse sèche des dicotylédones et la biomasse totale étaient légèrement plus élevées dans le traitement cible par rapport au témoin désherbé à la main (Tableaux 2.38 et 2.39). Ces résultats confirment que le traitement Zadoks 69 + glyphosate présente un très grand potentiel d'application chez les producteurs maraîchers.

En résumé, plusieurs facteurs externes peuvent modifier l'efficacité des paillis de seigle à réprimer les mauvaises herbes. Le type de mauvaises herbes présentes dans le champ ainsi que les conditions climatiques durant la saison de végétation sont probablement les facteurs les plus importants. Cependant, en général les mêmes tendances ressortent. Les paillis formés au stade pleine floraison (Zadoks 69) ainsi que ceux formés sans glyphosate offrent une meilleure maîtrise des mauvaises herbes. Si l'utilisation de glyphosate est nécessaire, les paillis ayant la plus grande biomasse aérienne procurent de meilleurs résultats. C'est pourquoi le traitement Zadoks 69 + glyphosate offre des résultats marquants et significatifs se rapprochant du traitement témoin désherbé à la main.

Tableau 2.38 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 SAE de la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013 et 2014

	2013				2014			
Comparaison simple	DA	DV	GA	Totale	DA	DV	GA	Totale
	(g/m²)				(g/m²)			
Zadoks 51	46,3	27,7*	5,7	79,7*	28,2	9,8	0,7	38,7
vs Zadoks 69	21,6	15,9	2,1	39,6	7,2	5,6	0,1	12,9
Glyphosate	61,1***	39,8***	7,7	108,6***	22,0	9,9	0,4	32,3
vs Sans glyphosate	6,8	3,7	0,0	10,5	13,4	5,5	0,3	19,2
Zadoks 69 + glyphosate	40,2	30,4	0,0	70,6	7,0	5,9	0,0	12,9
vs Témoin enherbé	200,3***	25,2	22,6	248,1***	182,5***	8,0	23,7***	214,2***
Zadoks 69 + glyphosate	40,2	30,4*	0,0	70,6	7,0	5,9	0,0	12,9
vs Témoin désherbé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001 respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.39 Biomasse sèche des mauvaises herbes à 8 SAE de la courge spaghetti à Beauport en 2013 et 2014

	2013				2014		
Comparaison simple	DA	DV	GA	Totale	Dicot.	Gram.	Totale
	(g/m²)				(g/m²)		
Zadoks 51	30,7	8,4	4,4	43,5	67,1*	10,2	77,3
vs Zadoks 69	18,0	5,7	2,3	26,0	47,4	8,9	56,3
Glyphosate	34,5	3,6	7,1	45,2	70,9**	14,5	85,4**
vs Sans glyphosate	15,9	9,9	0,2	26,0	43,6	4,5	48,1
Zadoks 69 + glyphosate	41,5	0,8	8,0	50,3	46,2	13,1	59,3
vs Témoin enherbé	147,0***	4,9	5,6	157,5***	156,8***	72,2***	229,0***
Zadoks 69 + glyphosate	41,5	0,8	8,0	50,3*	46,2*	13,1	59,3*
vs Témoin désherbé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001 respectivement
DA = dicotylédones annuelles; DV = dicotylédones vivaces; GA = graminées annuelles
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tout comme dans la citrouille, la biomasse sèche des tiges verticales de seigle a été mesurée aux deux sites lors de la prise de biomasse des mauvaises herbes en 2014 pour évaluer le regain du seigle suite au passage du rouleau crêpeur. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance à Saint-Augustin et à Beauport sont présentées respectivement dans les tableaux 2.40 et 2.41. Les traitements ont influencé significativement la biomasse sèche du seigle à St-Augustin, mais non à Beauport.

Tableau 2.40 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	8 SAE
Modèle	16	2,05*
Traitements	1	2,20*
Blocs	13	1,39

* est significatif à P<0,05
SAE = semaines après l'émergence

Tableau 2.41 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	8 SAE
Modèle	16	1,68
Traitements	1	1,75
Blocs	13	1,37

SAE = semaines après l'émergence

Les tableaux 2.42 et 2.43 présentent le contraste entre le stade Zadoks 51 et le stade Zadoks 69 et celui entre les paillis avec glyphosate et sans glyphosate respectivement à Saint-Augustin et Beauport. L'utilisation ou non de glyphosate a influencé significativement la biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014. Aucune différence significative entre les traitements n'a été observée à Beauport.

Tableau 2.42 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Comparaison simple	Seigle (g/m²)
Zadoks 51	4,03
vs Zadoks 69	0,88
Glyphosate	0,00
vs Sans glyphosate	4,91*

* est significatif à P<0,05
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.43 Biomasse sèche des tiges verticales de seigle dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Comparaison simple	Seigle (g/m²)
Zadoks 51	9,68
vs Zadoks 69	1,59
Glyphosate	2,03
vs Sans glyphosate	9,24

Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Le stade du seigle au moment de la formation du paillis de couverture n'a pas influencé significativement la biomasse sèche des tiges verticales de seigle à 8 SAE aux deux sites de courge spaghetti. On peut par contre observer la même tendance que dans la citrouille avec un regain de seigle plus faible au stade Zadoks 69 comparativement au stade Zadoks 51. Tout comme dans la citrouille, l'utilisation de glyphosate tend aussi à diminuer le regain du seigle. Pour s'assurer de former un paillis uniforme et sans regain, il est donc recommandé d'utiliser le rouleau crêpeur à un stade avancé du seigle et d'effectuer une application de glyphosate préalablement au passage du rouleau crêpeur.

2.3.3. La culture principale

En raison de plusieurs événements hors de notre contrôle ayant affecté la croissance des citrouilles et des courges spaghetti à Beauport lors des deux années du projet, seul les résultats du site de Saint-Augustin sont présentés dans cette partie.

2.3.3.1. Le stade de développement des plants

Citrouille

Le stade de développement des plants de citrouille a été noté à 2, 4, 6 et 8 SAE au site de Saint-Augustin en 2013 et 2014 afin d'évaluer l'impact des paillis de couverture sur la croissance des plants de citrouille. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années sont présentées dans le tableau 2.44. L'ANOVA combinée indique que les traitements ont influencé significativement le stade de développement de la citrouille à chaque date d'évaluation à Saint-Augustin.

Tableau 2.44 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années à Saint-Augustin pour le stade de développement des plants de citrouille

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	10,16***	56,93***	56,14***	7,95***
Années	1	223,25***	573,17***	923,06***	0,13
Traitements	13	6,94***	61,04***	70,25***	18,62***
Blocs (années)	6	0,18	2,83*	0,09	1,92
Traitements*années	13	1,60	38,09***	1,20	0,68

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement
SAE = semaines après l'émergence

Une interaction significative entre les traitements et les années est observée à 4 SAE. Pour cette raison, les résultats de chaque année sont présentés séparément. Les Annexes 20 et 21 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples respectivement en 2013 et 2014. L'utilisation de glyphosate avant de former le paillis de couverture a influencé significativement le stade de développement des plants de citrouille lors des deux années de culture. Les figures 2.19 et 2.20 présentent le contraste entre les paillis avec et sans glyphosate et le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main à chacune des dates d'observation respectivement en 2013 et 2014.

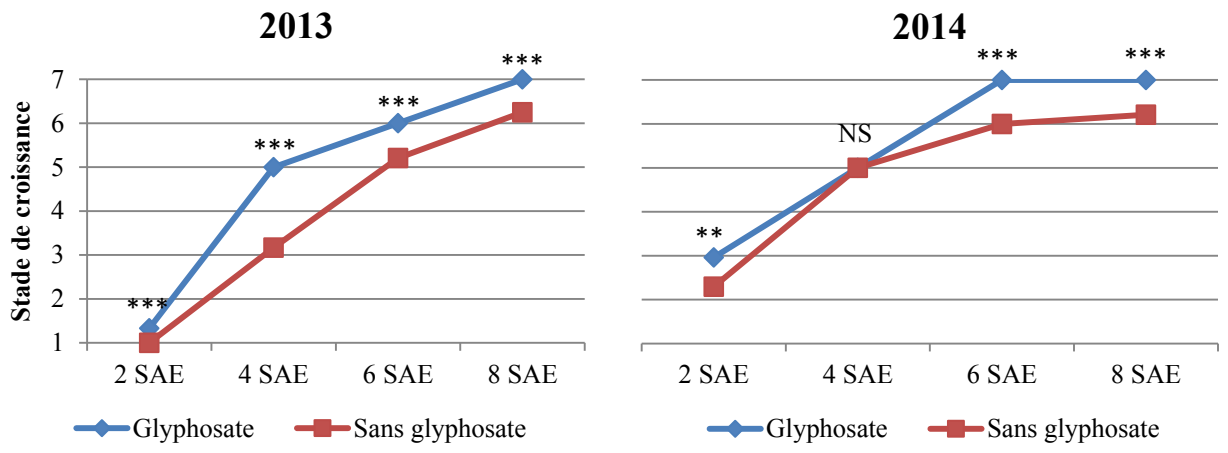

Figure 2.19 Évolution du stade de développement (1 à 7) des citrouilles dans les parcelles traitées avec glyphosate comparée à celles non traitées avec glyphosate à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, **, *** est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

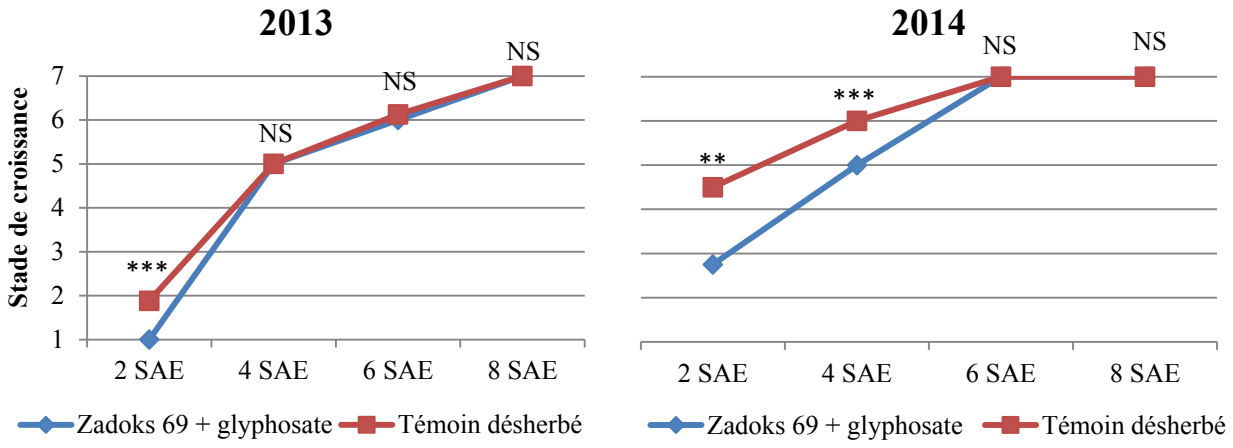

Figure 2.20 Évolution du stade de développement (1 à 7) des citrouilles dans les parcelles du traitement Zadoks 69 + glyphosate comparée à celles du traitement témoin désherbé à la main à Saint-Augustin en 2013 et 2014.

À l'intérieur d'une date d'évaluation, **, *** est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Les paillis de seigle sans glyphosate retardent la croissance des plants de citrouille comparés aux paillis avec glyphosate (Figure 2.19). En 2013, les paillis sans glyphosate ont causé un retard dans la croissance des plants de citrouille par rapport aux paillis de seigle avec glyphosate dès le début de la saison. En 2014, l'écart de croissance des citrouilles entre les deux traitements (avec et sans glyphosate) devient significatif à partir de 6 SAE. À 6 SAE, les citrouilles dans les parcelles sur paillis avec glyphosate forment leurs fruits tandis que celles dans les paillis de seigle sans glyphosate sont en floraison. Plus tôt, il a été démontré que le glyphosate permet de bien maîtriser le seigle, limitant ainsi son regain. Cela permet aux plantules de citrouilles de traverser plus aisément le paillis de couverture. Les plantules ont donc beaucoup moins d'énergie à fournir pour traverser le paillis, ce qui leur donne un avantage considérable pendant le reste de la saison. De plus, il a été démontré que le regain de seigle compétitionne avec les citrouilles pour les ressources du milieu, principalement pour l'eau (Carr et *al*., 2013). Cela contribue fort probablement au retard de croissance observé.

La figure 2.20 compare la croissance des citrouilles pour le traitement Zadoks 69 + glyphosate et celle pour le traitement témoin désherbé à la main. Cela permet de comparer comment se comporte la culture sous paillis par rapport à un désherbage traditionnel sans paillis. À chaque année, tôt en saison les plants de citrouille dans les parcelles du traitement témoin désherbées ont un avantage significatif sur ceux dans le traitement Zadoks 69 + glyphosate (Figure 2.20). Cela est normal puisque les plantules sous paillis ont une barrière de plus à traverser avant de s'installer et commencer à se développer, tandis que les plantules du traitement témoin n'ont qu'à émerger du sol pour débuter leur croissance. Fait intéressant, une fois les plantules émergées du paillis, elles vont rapidement reprendre leur retard pour qu'il n'y ait plus de différence significative avec le traitement témoin désherbé en fin de saison. Cette croissance vigoureuse résulte probablement de conditions de sol favorables créées par le paillis. Teasdale et Mohler (1993) affirmaient que le paillis de seigle diminue la température maximale pouvant être atteinte dans le sol et y maintient une humidité élevée. La diminution de la température maximale du sol ne semble pas un avantage, par contre, une fois la germination effectuée, la partie aérienne a toute la lumière et la chaleur dont elle a besoin, tandis que les racines sont dans un environnement plus frais

et très humide qui les protège de la sécheresse par temps très chaud. Cela favorise donc la croissance rapide des plants.

Courge spaghetti

Le stade de développement des plants de courge spaghetti a été observé a été noté à 2, 4, 6 et 8 SAE au site de Saint-Augustin en 2013 et 2014 afin d'évaluer l'impact des paillis de couverture sur la croissance des plants de courge spaghetti. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années sont présentées dans le tableau 2.45. L'ANOVA combinée indique que les traitements ont influencé significativement le stade de développement de la courge spaghetti à chaque date d'évaluation à Saint-Augustin.

Tableau 2.45 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années à Saint-Augustin pour le stade de développement des plants de courge spaghetti

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	33	68,39***	26,46***	39,56***	7,12***
Années	1	1425,08***	237,99***	638,46***	9,43**
Traitements	13	45,36***	24,80***	47,10***	15,54***
Blocs (années)	6	0,53	2,02	0,90	1,13
Traitements*années	13	18,36***	23,14***	3,30***	1,28

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement
SAE = semaines après l'émergence

Une interaction significative entre les traitements et les années est observée à 2, 4 et 6 SAE. Pour cette raison, les résultats de chaque année sont présentés séparément. Les Annexes 22 et 23 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples respectivement en 2013 et 2014. L'utilisation de glyphosate avant de former le paillis de couverture a influencé significativement le stade de développement des plants de courge spaghetti lors des deux années de culture. Les figures 2.21 et 2.22 présentent le contraste entre les paillis avec et sans glyphosate et le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main à chacune des dates d'observation respectivement en 2013 et 2014.

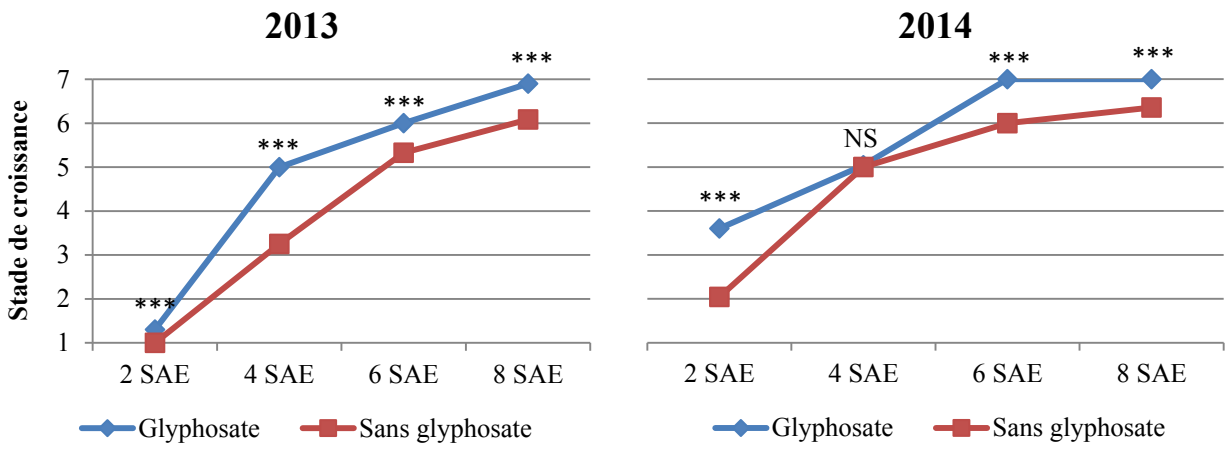

Figure 2.21 Évolution du stade de développement (1 à 7) des courges spaghetti dans les parcelles traitées avec glyphosate comparée à celles non traitées avec glyphosate à Saint-Augustin en 2013 et 2014

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

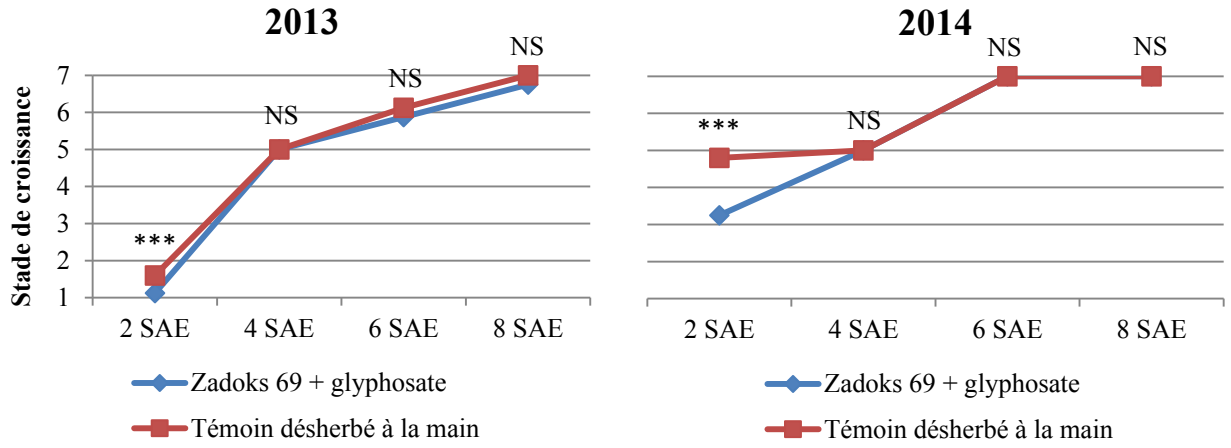

Figure 2.22 Évolution du stade de développement (1 à 7) des courges spaghetti dans les parcelles du traitement Zadoks 69 + glyphosate comparée à celles du traitement témoin désherbé à la main à Saint-Augustin en 2013 et 2014.

À l'intérieur d'une date d'évaluation, *** est significatif à P<0,001 et NS est non significatif.
SAE = semaines après l'émergence

Les courbes de développement de la courge spaghetti sont très similaires (Figure 2.21) à celles de la citrouille (Figure 2.19). En 2013, on observe le même retard de croissance sur les paillis sans glyphosate (Figure 2.21). En 2014, on observe le même palier à 6 SAE où les courges spaghetti sur paillis de seigle avec glyphosate sont à former leurs fruits, tandis que celles sur paillis sans glyphosate demeurent au stade floraison. Cela confirme que les paillis de seigle sans glyphosate retardent la croissance et le développement des cucurbitacées comparé aux paillis avec glyphosate.

Les courbes de développement de la courge spaghetti (Figure 2.22) sont très similaires à celles de la citrouille (Figure 2.20). On observe encore une fois que les plantules de courges spaghetti dans les parcelles désherbées à la main sans paillis ont un avantage significatif sur les courges spaghetti sur paillis de seigle formé au stade Zadoks 69 avec glyphosate tôt en saison (2 SAE) dû au paillis que ces dernières ont à traverser. Par contre, une fois les plantules émergées du paillis, elles vont rapidement reprendre leur retard pour qu'il n'y ait plus de différence significative avec le traitement témoin désherbé à la main à compter de 4 SAE. Cela confirme que le traitement Zadoks 69 + glyphosate n'affecte pas la croissance des cucurbitacées.

2.3.3.2. La biomasse sèche aérienne des plants

Citrouille

La biomasse sèche des plants de citrouille a été déterminée à 6 SAE au site de Saint-Augustin en 2014. Cette donnée a été prise pour compléter les informations révélées par le stade de développement de la citrouille. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance sont présentées dans le tableau 2.46. L'ANOVA indique que les traitements ont influencé significativement la biomasse des plants de citrouille à Saint-Augustin en 2014.

Tableau 2.46 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne des plants de citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	6 SAE
Modèle	16	15,79***
Traitements	1	19,03***
Blocs	13	1,72

*** est significatif à P<0,001
SAE = semaines après l'émergence

Le tableau 2.47 présente le contraste entre les paillis avec et sans glyphosate, le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin enherbé et le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main. L'utilisation ou non de glyphosate a influencé significativement la biomasse sèche aérienne des plants de citrouille en 2014.

Tableau 2.47 Biomasse sèche aérienne des plants de citrouille à Saint-Augustin en 2014

Comparaison simple	Citrouille (g/plant)
Glyphosate	169,9***
vs Sans glyphosate	26,4
Zadoks 69 + glyphosate	224,7
vs Témoin enherbé	185,3
Zadoks 69 + glyphosate	224,7
vs Témoin désherbé à la main	322,8**

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

L'utilisation de glyphosate pour bien maîtriser le paillis de couverture est le facteur le plus important pour obtenir une croissance supérieure des plants de citrouille. Sans glyphosate, il y a une interférence marquée entre le seigle et la culture principale qui se traduit par une biomasse sèche aérienne moyenne des plants de citrouille de seulement 26,4 g/plant comparativement à 169,9 g/plant lorsque le seigle est maîtrisé par le glyphosate (Tableau 2.47). Ces résultats appuient ceux de Carr et *al*. (2013) affirmant que le rouleau crêpeur utilisé seul n'est pas efficace pour maîtriser totalement un paillis de seigle d'automne, et ce peu importe le stade du seigle au moment de la formation du paillis. Ainsi, le regain de seigle compétitionne avec la culture principale pour les ressources du milieu et affecte sa croissance et, ultimement, son rendement. Il n'y a pas de différence de biomasse entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin enherbé sans paillis malgré sa biomasse moyenne légèrement plus élevée. Cela indique que, dans ce cas, l'interférence causée par les mauvaises herbes est comparable à celle causée par le paillis traité avec glyphosate. Par contre, leur interférence ne se produit pas au même moment. Dans le traitement témoin enherbé, les plants peuvent débuter leur croissance dans un environnement exempt compétition, puis les mauvaises herbes s'installent au cours de la saison et compétitionnent avec la culture principale. Le paillis va causer une interférence à la culture dès le début de saison puis offrira un environnement exempt de compétition durant le restant de la saison. D'un point de vue agronomique, le simple fait de ne pas augmenter la banque de semences de mauvaises herbes dans le sol donne un très grand avantage à l'utilisation du paillis, même si cet avantage ne semble pas influencer la croissance de la culture. Par contre, les plants du traitement Zadoks 69 + glyphosate sont significativement plus petits que ceux du traitement témoin désherbé à la main. Cela confirme du même coup l'interférence que crée le paillis sur la culture. Dans ce cas, les plants étaient au même stade de développement, mais il y avait une différence moyenne significative de 98,1g par plant entre les deux traitements en faveur du traitement témoin désherbé à la main (Tableau 2.47).

Courge spaghetti

La biomasse sèche des plants de courge spaghetti a été déterminée à 6 SAE au site de Saint-Augustin en 2014. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance sont présentées dans le tableau 2.48. L'ANOVA indique que les traitements ont influencé significativement la biomasse sèche des plants de courge spaghetti.

Tableau 2.48 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	6 SAE
Modèle	16	10,86***
Traitements	1	12,94***
Blocs	13	1,87

*** est significatif à P<0,001
SAE = semaines après l'émergence

Le tableau 2.49 présente le contraste entre les deux stades du seigle au moment de la formation du paillis de couverture, le contraste entre les paillis avec et sans glyphosate, le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin enherbé et le contraste entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main. L'utilisation ou non de glyphosate a influencé significativement la biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti en 2014.

Tableau 2.49 Biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Comparaison simple	Courge spaghetti (g/plant)
Zadoks 51	70,8
vs Zadoks 69	106,9**
Glyphosate	156,1***
vs Sans glyphosate	21,6
Zadoks 69 + glyphosate	212,3*
vs Témoin enherbé	147,5
Zadoks 69 + glyphosate	212,3
vs Témoin désherbé à la main	221,1

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Le tableau 2.49 démontre que, contrairement à la citrouille, le stade de développement du seigle à la formtion du paillis affecte significativement la biomasse sèche des plants de courge spaghetti. Les paillis formés au stade Zadoks 69 permettent d'obtenir une biomasse sèche des plants de courge spaghetti significativement plus élevée que les paillis formés au stade Zadoks 51. Cela est fort probablement dû à une compétition entre la culture principale et les mauvaises herbes dans les parcelles formées au stade Zadoks 51. Il a été démontré que les paillis formés à ce stade sont plus enherbés que ceux formés au stade Zadoks 69. La figure 2.13 de la section 2.4.2.1 indique un recouvrement des mauvaises herbes de 19% à 6 SAE dans les parcelles formées au stade Zadoks 51 comparativement à 5% dans celles formées au stade Zadoks 69.

L'utilisation de glyphosate pour bien maîtriser le paillis de couverture est, tout comme dans la citrouille, le facteur le plus important pour obtenir une forte biomasse sèche des plants. Sans glyphosate, la biomasse sèche aérienne des plants de courge spaghetti est de seulement 21,6 g/plant comparativement à 156,1 g/plant lorsque le glyphosate est utilisé (Tableau 2.49).

Le traitement Zadoks 69 + glyphosate procure une biomasse sèche aérienne significativement plus élevée des plants de courge spaghetti par rapport au traitement témoin enherbé sans paillis et non significativement différente du traitement témoin désherbé à la main sans paillis. Cela indique que ce traitement affecte beaucoup moins les plants de courge spaghetti comparativement aux plants de citrouille et que l'efficacité du paillis dans ce contexte est comparable à celle d'un désherbage manuel.

2.3.3.3. Le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits

Citrouille

Le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits ont été mesurés au site de Saint-Augustin en 2013 et 2014. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits sont présentées respectivement dans les tableaux 2.50, 2.51 et 2.52. Les traitements ont influencé significativement ces trois variables.

Tableau 2.50 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le rendement

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	33	13,69***	16,28***
Années	1	40,13***	172,66***
Traitements	13	23,04***	20,01***
Blocs (années)	6	0,35	0,93
Traitements*années	13	8,48***	7,62***

*** est significatif à P<0,001

Tableau 2.51 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le nombre de fruits par plant

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	33	11,30***	10,18***
Années	1	3,03	119,39***
Traitements	13	21,68***	12,54***
Blocs (années)	6	1,14	1,03
Traitements*années	13	6,23***	3,63***

*** est significatif à P<0,001

Tableau 2.52 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la citrouille à Saint-Augustin pour le calibre des fruits

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	33	1,88*	5,56***
Années	1	5,49*	27,58***
Traitements	13	2,23*	6,18***
Blocs (années)	6	0,51	1,40
Traitements*années	13	1,89*	5,16***

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Comme il y a une interaction entre les traitements et les années pour chacune des variables étudiées, les résultats de chaque année sont présentés séparément. Les Annexes 24, 25 et 26 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples respectivement pour le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013. Les Annexes 27, 28 et 29 présentent ces mêmes résultats pour 2014. Le rendement vendable et total a été influencé significativement par le stade du seigle à la formation du paillis et l'utilisation de glyphosate en 2013 et seulement par l'utilisation de glyphosate en 2014. Le nombre de fruits vendable a été influencé significativement par le stade du seigle à la formation du paillis en 2013. Le nombre de fruits vendable et total a été influencé par l'utilisation de glyphosate à chaque année. Le calibre des fruits total a été influencé significativement par le stade de formation du paillis et l'utilisation de glyphosate en 2014. Les tableaux 2.53 et 2.54 présentent le contraste entre les deux stades de formation du paillis, celui entre les paillis avec et sans glyphosate, celui entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin enherbé et celui entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main en respectivement 2013 et 2014.

Tableau 2.53 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

	Rendement		Nombre		Calibre	
Comparaison simple	Vendable	Total	Vendable	Total	Vendable	Total
	(Mg/ha)		(No./plant)		(kg/fruit)	
Zadoks 51	9,4	11,7	0,7	1,0	1,7	1,6
vs Zadoks 69	14,2***	14,8**	1,0***	1,0	2,0	1,9
Glyphosate	13,7***	14,3*	1,0***	1,1*	1,9	1,8
vs Sans glyphosate	9,9	12,2	0,7	0,9	1,8	1,7
Zadoks 69 + G	14,3	14,7	1,0	1,1	1,9	1,9
vs Témoin enherbé	16,2	16,6	1,0	1,1	2,1	2,1
Zadoks 69 + G	14,3	14,7	1,0	1,1	1,9	1,9
vs Témoin désherbé	35,4***	36,2***	2,1***	2,2***	2,3	2,2

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
G = glyphosate
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.54 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

	Rendement		Nombre		Calibre	
Comparaison simple	Vendable	Total	Vendable	Total	Vendable	Total
	(Mg/ha)		(No./plant)		(kg/fruit)	
Zadoks 51	18,8	25,1	0,9	1,5	2,1	2,3**
vs Zadoks 69	17,7	25,7	0,9	1,7	2,2	2,0
Glyphosate	31,2***	34,9***	1,6***	1,9***	2,7	2,5***
vs Sans glyphosate	5,3	15,9	0,3	1,3	1,6	1,7
Zadoks 69 + G	33,7	39,7*	1,8	2,2*	2,7	2,4
vs Témoin enherbé	29,5	29,7	1,6	1,7	2,5	2,4
Zadoks 69 + G	33,7	39,7	1,8	2,2	2,7	2,4
vs Témoin désherbé	38,3	41,2	2,1	2,4	2,5	2,4

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
G = glyphosate
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

En 2013, les paillis de seigle roulés au stade Zadoks 69 et ceux traités avec glyphosate ont procuré des rendements significativement supérieurs à ceux roulés au stade Zadok 51 et ceux sans glyphosate. Ce rendement plus élevé est attribuable à un nombre de fruits par plant significativement plus élevé tandis que le calibre des fruits est identique. En 2014, le rendement a été significativement plus élevé dans les parcelles avec glyphosate comparativement aux parcelles sans glyphosate. Cela est attribuable à un nombre de fruits et un calibre significativement plus élevés dans ces parcelles (Tableau 2.54).

Le fait que le stade de formation du paillis n'a pas eu d'effet significatif en 2014 vient probablement d'une plus faible pression des mauvaises herbes. En 2013, les paillis formés au stade Zadoks 51 avaient un recouvrement de mauvaises herbes de 61% à 8 SAE contre 16% en 2014 (Figure 2.7). Les paillis formés au stade Zadoks 69, étant plus efficaces pour maîtriser les mauvaises herbes, ont alors permis un meilleur rendement en situation de forte pression de mauvaises herbes.

L'utilisation de glyphosate est cependant le facteur le plus important pour assurer un bon rendement des plants de citrouille. Son utilisation a augmenté significativement le rendement des citrouilles lors des deux années (Tableaux 2.53 et 2.54), car l'interférence ne vient pas uniquement des mauvaises herbes, mais bien du seigle lui-même qui n'est pas complètement maîtrisé lorsqu'il n'y a pas d'application de glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur (Tableau 2.34). Ces résultats appuient ceux obtenus par Carr et *al*. (2013) et de Mischler et *al*. (2010) dans le soya. Carr et *al*. (2010) ont utilisé un rouleau crêpeur sans appliquer de glyphosate et n'ont obtenu aucun rendement dans le soya lorsque le seigle était roulé au stade de l'anthèse (Zadoks 63) et un rendement très faible au stade de grains laiteux (Zadoks 73). Mischler et *al*. (2010) ont effectué une application de glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur au stade de l'anthèse (Zadoks 62) et ont obtenu un rendement en soya significativement identique au traitement témoin désherbé.

Comme la biomasse sèche des plants de citrouille pouvait le laisser croire, le traitement Zadoks 69 + glyphosate n'est pas significativement différent du témoin enherbé au niveau du rendement vendable et total en 2013 et au niveau du rendement vendable en 2014. Lorsqu'il est comparé au traitement témoin désherbé, le traitement Zadoks 69 + glyphosate offre un rendement significativement inférieur au traitement témoin en 2013 tandis qu'il n'est pas significativement différent de ce dernier en 2014, malgré une biomasse sèche du plant inférieure (Tableaux 2.53 et 2.54). La baisse de rendement en 2013 est attribuable à une diminution de moitié du nombre de fruits par plant. Le calibre est, pour sa part, non significativement différent. Pour expliquer ce phénomène, il faut comprendre la physiologie de la citrouille. La citrouille est une espèce monoïque, elle produit donc des fleurs mâles et des fleurs femelles sur le même plant. Il n'y a déjà pas de synchronisation entre l'apparition des deux types de fleurs et chaque fleur doit être visitée plusieurs fois par les insectes pour être bien pollinisée. Sous des conditions de stress, les plants formeront beaucoup plus de fleurs mâles que de fleurs femelles (Wien et *al*., 2003; La France, 2010). Deux hypothèses sont posées pour expliquer ce phénomène. Premièrement, le paillis de seigle est moins attirant pour les pollinisateurs qui ont priorisé la pollinisation des parcelles sans seigle pour ainsi former plus de fruits. Deuxièmement, l'hypothèse la plus plausible est que les plants sous paillis ont subi un stress qui entraîna la formation de beaucoup plus

de fleurs mâles au détriment des fleurs femelles, causant ainsi cette différence en nombre de fruits par plant. Comme l'avance Carr et *al*. (2013), les plants de citrouille ont fort probablement subi un stress hydrique. Puisque le seigle est roulé, et non fauché, il est toujours rattaché à ses racines et peut donc transpirer. Le site de 2013 n'était aucunement protégé du vent. Le vent étant très important près du fleuve Saint-Laurent, le paillis de seigle, par sa forte biomasse aérienne et surtout son fort réseau racinaire, a probablement continué à transpirer tout au long de la saison de développement, causant ainsi un stress hydrique aux citrouilles. En 2014, le site était ceinturé d'arbres, créant ainsi un microclimat tempéré, grâce à la proximité du fleuve, et protégé du vent. Ces conditions parfaites ont fait en sorte que le rendement des citrouilles avec le traitement Zadoks 69 + glyphosate était non significativement différent du traitement témoin désherbé à la main cette année-là (Tableau 2.54).

Courge spaghetti

Le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits ont été mesurés au site de Saint-Augustin en 2013 et 2014. Les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années pour ces trois variables sont présentées respectivement dans les tableaux 2.55, 2.56 et 2.57. Les traitements ont influencé significativement les trois variables.

Tableau 2.55 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le rendement

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	33	32,21***	34,79***
Années	1	471,28***	538,69***
Traitements	13	35,52***	37,47***
Blocs (années)	6	2,12	2,49*
Traitements*années	13	9,00 ***	8,24***

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Tableau 2.56 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le nombre de fruits par plant

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	33	21,48***	16,04***
Années	1	276,43***	317,58***
Traitements	13	24,36***	12,17***
Blocs (années)	6	1,74	1,60
Traitements*années	13	8,11***	3,37***

*** est significatif à P<0,001

Tableau 2.57 Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance combinée des deux années dans la courge spaghetti à Saint-Augustin pour le calibre des fruits

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	33	3,64***	5,14***
Années	1	66,45***	29,86***
Traitements	13	1,52	9,43***
Blocs (années)	6	1,14	0,89
Traitements*années	13	2,08*	0,91

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Comme il y a une interaction entre les traitements et les années pour la majorité des variables étudiées, les résultats de chaque année sont présentés séparément. Les Annexes 30, 31 et 32 présentent les valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et les valeurs moyennes des comparaisons simples respectivement pour le rendement, le nombre de fruits par plant et le calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013. Les Annexes 33, 34 et 35 présentent ces mêmes résultats pour 2014. Le rendement vendable et total et le nombre de fruits par plant vendable et total ont été influencés significativement par le stade de formation du paillis et l'utilisation ou non de glyphosate en 2013 et en 2014. Le calibre des fruits total a été influencé significativement par l'utilisation de glyphosate en 2013 et 2014. Les tableaux 2.58 et 2.59 présentent le contraste entre les deux stades de développement du seigle à la formation du paillis, celui entre les paillis avec et sans glyphosate, celui entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin

enherbé et celui entre le traitement Zadoks 69 + glyphosate et le traitement témoin désherbé à la main en respectivement 2013 et 2014.

Tableau 2.58 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

	Rendement		Nombre		Calibre	
Comparaison simple	Vendable	Total	Vendable	Total	Vendable	Total
	(Mg/ha)		(No./plant)		(kg/fruit)	
Zadoks 51	9,4	12,1	0,8	1,2	1,5	1,3
vs Zadoks 69	12,8*	16,7***	1,1*	1,6***	1,5	1,4
Glyphosate	13,4***	16,7***	1,1*	1,5	1,7	1,5***
vs Sans glyphosate	8,7	12,0	0,8	1,4	1,4	1,1
Zadoks 69 + G	15,2	18,9	0,8	1,1	1,9	1,7
vs Témoin enherbé	13,8	16,0	1,0	1,3	1,9	1,7
Zadoks 69 + G	15,2	18,9	1,1	1,5	1,9	1,7
vs Témoin désherbé	37,9***	42,1***	2,7***	3,1***	2,0	1,9

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement
G = glyphosate
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Tableau 2.59 Rendement, nombre de fruits par plant et calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

	Rendement		Nombre		Calibre	
Comparaison simple	Vendable	Total	Vendable	Total	Vendable	Total
	(Mg/ha)		(No./plant)		(kg/fruit)	
Zadoks 51	29,9	32,8	2,1	2,7	1,9	1,6
vs Zadoks 69	34,3*	38,3**	2,3	3,1*	2,0	1,6
Glyphosate	45,0***	47,2***	3,2***	3,4***	1,9	1,9***
vs Sans glyphosate	19,1	23,9	1,3	2,4	2,0	1,4
Zadoks 69 + G	52,2	52,3	3,6	3,7	2,0	1,9
vs Témoin enherbé	44,2	46,9	3,1	3,4	2,0	1,9
Zadoks 69 + G	52,2	52,3	3,6	3,7	2,0	1,9
vs Témoin désherbé	65,2**	67,1***	4,3	4,5*	2,1	2,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement
G = glyphosate
Zadoks 51 = début épiaison du seigle; Zadoks 69 = pleine floraison du seigle

Les résultats sont très semblables à ceux obtenus dans la citrouille. En 2013 et 2014, les paillis roulés au stade Zadoks 69 et ceux traités avec glyphosate ont offert des rendements significativement supérieurs à ceux roulés au stade Zadoks 51 et ceux non traités avec glyphosate. Ce rendement plus élevé est attribuable à un nombre de fruits par plant généralement plus élevé dans les deux cas (Tableaux 2.58 et 2.59). Une meilleure maîtrise des mauvaises herbes a permis un meilleur rendement dans les paillis formés au stade Zadoks 69 par rapport au stade Zadoks 51 et une bonne maîtrise du regain de seigle dans les parcelles avec glyphosate a permis un meilleur rendement par rapport aux parcelles sans glyphosate.

Lors des deux années, le traitement Zadoks 69 + glyphosate n'a pas été significativement différent du traitement témoin enherbé sans paillis. Lorsque comparé au traitement témoin désherbé à la main sans paillis, le traitement Zadoks 69 + glyphosate a procuré un rendement significativement inférieur en 2013 et 2014 (Tableaux 2.58 et 2.59).

La baisse de rendement est beaucoup plus marquée en 2013 qu'en 2014. Cela est attribuable au même phénomène observé dans la citrouille avec une diminution de plus de la moitié du nombre de fruits par plant. Cela se traduit en un rendement de 37,9 Mg/ha pour le témoin désherbé à la main contre 15,2 Mg/ha pour le meilleur de nos traitements (Tableau 2.58). Il y a sans aucun doute un facteur de stress qui a affecté la pollinisation ou le nombre de fleurs femelles produites par les plants. En 2014, la différence entre les deux traitements est beaucoup moindre, car le nombre de fruits par plant et le calibre sont non significativement différents. C'est la combinaison d'un calibre et d'un nombre de fruits par plant légèrement plus élevé qui ont fait en sorte que le rendement soit significativement plus élevé dans le traitement témoin désherbé à la main avec un rendement vendable de 65,2 Mg/ha contre 52,2 Mg/ha pour le traitement Zadoks 69 + glyphosate (Tableau 2.59).

Il a bien été démontré, autant dans la citrouille que dans la courge spaghetti, qu'en conditions idéales le paillis de seigle formé au stade Zadoks 69 avec glyphosate peut procurer un rendement et une maîtrise des mauvaises herbes similaires ou se rapprochant grandement des résultats obtenus dans le traitement témoin désherbé à la main.

Conclusion

Ce projet de recherche a permis de répondre adéquatement aux quatre objectifs de travail. Premièrement, il n'est pas avantageux de combiner la vesce velue au seigle d'automne pour former un paillis de couverture. Sous les conditions climatiques du Québec, la vesce velue ne survit pas ou que très peu à l'hiver. Elle contribue donc ainsi que très faiblement au paillis et n'apporte aucun avantage significatif pour les variables étudiées.

Deuxièmement, le stade de développement optimal du seigle d'automne au moment du passage du rouleau crêpeur pour former le paillis de couverture est le stade pleine floraison (Zadoks 69). Ce stade offre, comparativement au stade début épiaison (Zadoks 51), une biomasse supérieure de paillis (environ 2000 $kg_{m.s.}$/ha de plus). Cette forte biomasse aérienne a résulté en une excellente maîtrise des mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance des citrouilles. Il a été démontré que, sans glyphosate, les deux stades de formation du paillis offrent une excellente maîtrise des mauvaises herbes. Par contre, si une application de glyphosate est effectuée avant le passage du rouleau crêpeur, les paillis formés au stade Zadoks 51 se dégradent rapidement et seuls les paillis formés au stade Zadoks 69 permettent de maîtriser les mauvaises herbes tout au long de la saison de croissance. Cette meilleure maîtrise des mauvaises herbes fait en sorte que les paillis formés au stade Zadoks 69 permettent d'obtenir un rendement plus élevé des cucurbitacées comparativement au stade Zadoks 51.

Troisièmement, l'utilisation du glyphosate avant le passage du rouleau crêpeur est nécessaire afin de ne pas affecter le développement des cucurbitacées et obtenir un rendement adéquat. Sans glyphosate, le seigle reprend sa croissance, et ce, peu importe le stade de formation du paillis. Le regain de seigle a interféré avec la croissance de la culture principale, causant ainsi un retard de croissance et une baisse de rendement. Par contre, nous avons observé que le glyphosate accélère la dégradation du paillis. L'efficacité à long terme du paillis sera donc fonction de la biomasse de ce dernier. C'est pourquoi le stade Zadoks 69 est préférable au stade Zadoks 51.

Finalement, le paillis de seigle roulé au stade Zadoks 69 avec une application de glyphosate préalable au passage du rouleau crêpeur a été de loin le meilleur traitement de cette expérience. Il a permis d'obtenir une excellente maîtrise des mauvaises herbes lors des deux années et un rendement élevé des cucurbitacées sous des conditions idéales, tous deux se rapprochant du traitement témoin désherbé à la main.

Ces résultats nous permettent donc d'infirmer notre hypothèse de départ comme quoi l'emploi du seigle d'automne et de la vesce velue comme cultures de couverture, du rouleau crêpeur pour former un paillis uniforme et du semis direct est une combinaison gagnante pour maîtriser les mauvaises herbes dans les courges et les citrouilles. En effet, la vesce velue n'apporte aucun avantage au paillis sous les conditions du Québec.

Nous pouvons par contre affirmer que l'utilisation du seigle d'automne pur comme culture de couverture et du rouleau crêpeur pour former un paillis uniforme et du glyphosate pour empêcher le regain du seigle est une façon innovante et efficace pour maîtriser les mauvaises herbes dans les courges spaghetti et les citrouilles. Il est cependant primordial de continuer la recherche afin de diminuer le stress qu'engendre le paillis de seigle sur la culture principale.

Bibliographie

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2012. Un aperçu de l'industrie canadienne des légumes en 2010. 26 pages. [En ligne]. http://www.agr.gc.ca/fra/industrie-marches-et-commerce/statistiques-et-information-sur-les-marches/par-produit-secteur/horticulture/horticulture-industrie-canadienne/rapports-par-secteur/un-apercu-de-l-industrie-canadienne-des-legumes-en-2010/?id=1330373416993#tab06.

Anonyme. 2010. Guide de référence en fertilisation 2e édition. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. 473 p.

Anonyme. 2014. Herbicides homologués dans les cultures de cucurbitacées en 2014. Cucurbitacées Bulletin d'information No 01 - 8 mai 2014. Réseau d'avertissements phytosanitaires. 8 p.

Barberi, P. et M. Mazzoncini. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. Weed Science. 49:491-499.

Barnes, J.P. et A.R. Putnam. 1983. Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. Journal of Chemical Ecology. 9(8):1045-1057.

Barnes, J.P. et A.R. Putnam. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). Journal of Chemical Ecology. 13(4):889-906.

Bodnar, J. et M. Fitts. 2000. Culture de la citrouille et de la courge. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario. Toronto, Canada. [En ligne]. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/00-032.htm.

Boyd, N.S., E.B. Brennan, R.F. Smith et R. Yokota. 2009. Effect of seeding rate and planting arrangement on rye cover crop and weed growth. Agronomy Journal. 101(1):47-51.

Bratsch, A. 2009. Specialty Crop Profile: Pumpkins. Publication 438-100. Virginia Cooperative Extension. 8 p.

Bredenberg, J.B., E. Honkanen et A.I. Virtanen. 1962. The kinetics ans mechanism of the decomposition of 2,4-dihydroxy-1,4-benzoxazin-3-one. Acta Chemica Scandinavica. 16:135-141. *Cités par* Schulz, M., A. Marocco, V. Tabaglio, F.A. Macias et J.M.G. Molinillo. 2013. Benzoxazinoids in rye allelopathy – From discovery to application in sustainable weed control and organic farming. Journal of Chemical Ecology. 39:154-174.

Caron, L. 2011. Essai de production de courges d'hiver en semis direct dans une culture de couverture de seigle d'automne. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Blainville. Canada.

Carr, P.M., R.D. Horsley, J.J. Gunderson, T.J. Winch et G.B. Martin. 2013. Weed growth and crop performance following hairy vetch, rye, and wheat cover crops in a cool semiarid region. Organic Agriculture. 3(3-4):149-161.

Clark, A.J., A.M. Decker et J.J. Meisinger. 1994. Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production. Agronomy Journal. 86:1065-1070.

Couture, I. et C. Rancourt. 2011. Le seigle, pour des citrouilles et des courges plus propres et en santé : Résultats de la 2e année d'essai chez 3 entreprises de la Montérégie-Est. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Montérégie-Est. Canada.

Couture, I. et J. Bonneville. 2010. Le seigle, pour des citrouilles et des courges plus propres et en santé. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Montérégie-Est. Canada.

Creamer, N.G. et S.M. Dabney. 2002. Killing cover crops mechanically : Review of recent literature and assessment of new research results. American Journal of Alternative Agriculture. 17(1):32-40.

Dornan, J. 2004. La citrouille : un légume en plein essor. Statistique Canada. 11-621-MIF2004018. Ottawa. Canada.

Duiker, S.W. et W.S. Curran. 2005. Rye cover crop management for corn production in the northern mid-atlantic region. Agronomy Journal. 97:1413-1418.

Hayes, A., A. Verhallen et T. Taylor. 2005a. Cultures couvre-sol : Adaptation et usage des cultures couvre-sol. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario. Toronto, Canada. [En ligne]. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/cover.htm.

Hayes, A., A. Verhallen et T. Taylor. 2005b. Cultures couvre-sol : Le seigle. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario. Toronto, Canada. [En ligne]. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/rye.htm.

Howell J.C., S. Reiners et D.I.M. Riggs. 2003. Soil and nutrient management. p. 6-21. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Kemble, J.M., E.J. Sikora, G.W. Zehnder, et E. Bauske. 2000. Guide to commercial pumpkin and winters quash production. ARN-1041. Alabama Cooperative Extension System. 12 p.

La France, D. 2010. La culture biologique des légumes (La science agricole). 2e édition. Berger A.C. inc (éd). Austin. Canada. 525 p.

Martin, S., N. Malenfant, J.J. Hoorman et O. Ménard. 2011. Cultures de couverture Les pratiques agricoles de conservation : Habiter le sol par les racines. Action Semis Direct. 16 p.

McClurg, C.A., S. Reiners, D.I.M. Riggs et R. Rouse. 2003. Cultural practices. p. 28-42. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Mirsky, S.B. 2008. Evaluating constraints and opportunities in managing weed population with cover crops. Ph.D. dissertation. University Park, PA : Penn State University. 185 p.

Mirsky, S.B., W.S. Curran, D.A. Mortensen, M.R. Ryan et D.L. Shumway. 2009. Control of cereal rye with a roller/crimper as influenced by cover crop phenology. Agronomy Journal. 101(6):1589-1596.

Mirsky, S.B., W.S. Curran, D.M. Mortenseny, M.R. Ryany et D.L. Shumway. 2011. Timing of cover-crop management effects on weed suppression in no-till planted soybean using a roller-crimper. Weed Science. 59(3):380-389.

Mischler, R.A., W.S. Curran, S.W. Duiker et J.A. Hyde. 2010. Use of a rolled-rye cover crop for weed suppression in no-till soybeans. Weed Technology. 24(3):253-261.

Mohler, C.L. et J.R. Teasdale. 1993. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. Weed Research. 33:487-499.

Reberg-Horton, S.C., S.D. Burton, D.A. Danehower, G. Ma, D.W. Monks, J.P. Murphy, N.N. Ranells, J.D. Williamson et N.G. Creamer. 2005. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). Journal of Chemical Ecology. 31(1):179-193.

Riggs, D.I.M. 2003a. Introduction. p. 1-2. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Riggs, D.I.M. 2003b. Weed management. p. 48-51. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Robinson, R.W. 2003. The history and biology of pumpkins. p. 3-5. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Rosecrance, R.C., G.W. McCarty, D.R. Shelton et J.R. Teasdale. 2000. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monoculture and bicultures. Plant and Soil. 227:283-290.

Ryan, M.R., S.B. Mirsky, D.A. Mortensen, J.R. Teasdale et W.S. Curran. 2011b. Potential synergistic effects of cereal rye biomass and soybean planting density on weed suppression. Weed Science. 59(2):238-246.

Ryan, M.R., W.S. Curran, A.M. Grantham, L.K. Hunsberger, S.B. Mirsky, D.A. Mortensen, E.A. Nord et D.O. Wilson. 2011a. Effects of seeding rate and poultry litter on weed suppression from a rolled cereal rye cover crop. Weed Science. 59(3):438-444.

SAgE pesticides. 2015. [En ligne]. http://www.sagepesticides.qc.ca.

Sarrantonio, M. 1994. Northeast cover crop handbook (Soil health series). Rodale Institute. Emmaus, PA.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT 9.3 user's guide. SAS Institute Inc. Carry, NC. É-U.

Schulz, M., A. Marocco, V. Tabaglio, F.A. Macias et J.M.G. Molinillo. 2013. Benzoxazinoids in rye allelopathy – From discovery to application in sustainable weed control and organic farming. Journal of Chemical Ecology. 39:154-174.

Snapp, S.S. et H. Borden. 2005. Enhanced nitrogen mineralization in mowed or glyphosate treated cover crops compared to direct incorporation. Plant and Soil. 270:101-112.

Teasdale, J.R. et C.S.T. Daughtry. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch. Weed Science. 41:207-212.

Teasdale, J.R. et C.L. Mohler. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. Agronomy Journal. 85:673-680.

Teasdale, J.R. et C.L. Mohler. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. Weed Science. 48(3):385-392.

Teasdale, J.R. et R.C. Rosecrance. 2003. Mechanical versus herbicidal strategies for killing a hairy vetch cover crop and controlling weeds in minimum-tillage corn production. American Journal of Alternative Agriculture. 18:95-102.

Toussaint, V. et M. Ciotola. 2011. Impact des cultures de couverture sur les maladies des cucurbitacées. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Saint-Jean-sur-Richelieu. Canada. [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/VTAAC.pdf.

Verhallen, A., A. Hayes et T. Taylor. 2005. Cultures couvre sol : La vesce velue. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario. Toronto, Canada. [En ligne]. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/hairyvetch.htm.

Walters, S.A. et B.G. Young. 2010. Effect of herbicide and cover crop on weed control in no-tillage jack-o-lantern pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) production. Crop Protection. 29:30-33.

Walters, S.A., B.G. Young et R.F. Krausz. 2008. Influence of tillage, cover crop, and pre-emergence herbicides on weed control and pumpkin yield. International Journal of Vegetable Science. 14:148-161.

Wien, H.C., R.J. Glatz et R.D. Morse. 2003. Flowering, pollination, and fruit set. p. 43-47. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Wojcik-Wojtkowiak, D., B. Politycka, I.M. Schneider et J. Perkowski. 1990. Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereale*) tissues. Plant Soil. 124:143-147. *Cités par* Schulz, M., A. Marocco, V. Tabaglio, F.A. Macias et J.M.G. Molinillo. 2013. Benzoxazinoids in rye allelopathy – From discovery to application in sustainable weed control and organic farming. Journal of Chemical Ecology. 39:154-174.

Zadoks, J.C., T.T. Chang et C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14 : 415-421.

Zitter, T.A., M.T. McGrath, K.L. Everts et D.I.M. Riggs. 2003. Disease management. p. 52-72. *Dans* D.I.M. Riggs (éd). Pumpkin production guide. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, NY.

Annexes

Annexe 1 : Illustration d'une année-site

G	4*	6	9	5	1	12	2	13	10	3	14	7	11	8	G
G	8	12	11	1	13	3	4	5	14	7	9	6	10	2	G
G	13	5	1	4	11	8	10	14	7	6	3	2	9	12	G
G	7	4	13	14	9	6	5	11	12	2	1	8	3	10	G

* : Numéro correspondant au traitement; G : Parcelle de garde

Annexe 2 : Photographie d'une parcelle expérimentale

Crédit Photo : David Miville

Annexe 3 : Matrice des comparaisons simples *a priori*

	Traitement													
Contraste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Seigle pur *vs* Seigle + vesce velue	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
2. Vesce velue 20 kg/ha *vs* Vesce velue 30 kg/ha	0	0	0	0	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0	0
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	0
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-12	0
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-12
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
9. Zadoks 69 - glyphosate *vs* Témoin enherbé	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha - glyphosate *vs* Témoin enherbé	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Annexe 4 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	101,20***	108,29***	99,31***	39,57***
Traitements	13	124,13***	133,24***	121,84***	48,47***
Blocs	3	1,84	0,18	1,70	1,02
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2 3	11 12	34 39**	46 52
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	4 2	13* 10	39 39	51 53
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	4*** 1	17*** 6	50*** 25	61*** 40
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	4*** 1	22*** 1	60*** 15	74*** 27
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	45*** 3	83*** 12	98*** 38	100*** 50
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 3**	0 12***	0 38***	0 50***
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	6 45***	30 83***	76 98***	88 100
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 45***	13 83***	35 98***	50 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1 45***	1 83***	14 98***	23 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	10 45***	40 83***	91 98	99 100
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 45***	11 83***	38 98***	55 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	2 45***	1 83***	11 98***	23 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	13*** 0	35*** 0	50*** 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 5 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	51,26***	121,49***	94,54***	60,33***
Traitements	13	62,85***	149,10***	115,83***	74,15***
Blocs	3	1,03	1,87	2,27	0,45
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1 2	3 3	8 8	10 10
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1 2	3 3	9 7	10 9
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2** 1	4*** 1	12*** 4	16*** 4
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	2 1	4*** 2	12*** 4	14*** 6
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	18*** 1	55*** 3	93*** 8	100*** 10
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 1*	0 8*	0 8**	0 10
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2 18***	7 55***	18 93***	24 100***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 18***	2 55***	5 93***	5 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1 18***	1 55***	2 93***	4 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2 18***	6 55***	23 93***	25 100***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 18***	2 55***	5 93***	5 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1 18***	1 55***	2 93***	2 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	2 0	5 0	5 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 6 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	7,06***	169,88***	33,93***	14,65***
Traitements	13	8,69***	208,47***	41,05***	16,57***
Blocs	3	0,06	3,02*	3,09*	6,40**
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	4 4	5 5	18 16	31 31
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	3 4	5 5	16 15	33 29
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	4 3	5 4	21*** 12	39*** 23
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	4 3	6* 3	22*** 11	37** 26
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	63*** 4	95*** 5	100*** 16	100*** 31
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 4	0 5	0 16***	0 31***
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	4 63***	6 95***	34 100***	54 100***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3 63***	5 95***	16 100***	21 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	4 63***	4 95***	10 100***	23 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	4 63***	7 95***	29 100***	49 100***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3 63***	3 95***	13 100***	27 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	3 63***	3 95***	9 100***	24 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	3 0	5 0	16** 0	21* 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 7 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	33,47***	12,37***	10,39***	6,83***
Traitements	13	40,36***	13,79***	9,95***	5,79***
Blocs	3	3,59*	6,21**	12,29***	11,33***
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	5 4	15 13	28 30	39 36
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	4 4	13 13	31 29	38 33
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	7*** 2	21*** 6	41*** 17	49*** 24
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	5 4	17 10	35* 23	42 32
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	60*** 4	96*** 13	98*** 29	100*** 37
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 4	0 13	0 29**	0 37**
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	14 60***	40 96***	58 98***	55 100**
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	5 96***	16 98***	37 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2 60***	6 96***	13 98***	23 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	7 60***	25 96***	54 98***	60 100**
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2 60***	5 96***	19 98***	24 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	2 60***	7 96***	23 98***	27 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	5 0	16 0	37* 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 8 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	106,14***	37,80***	32,36***	27,81***
Traitements	13	130,64***	46,44***	39,75***	34,17***
Blocs	3	0,01	0,34	0,34	0,24
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2 2	11 11	33 33	48 46
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2 3	10 11	31 35	46 46
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	4*** 1	16*** 5	46*** 20	57*** 36
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	4*** 1	20*** 1	54*** 12	69*** 24
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	40*** 2	70*** 11	94*** 33	100*** 47
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 2*	0 11**	0 33***	0 47***
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	6 40***	33 70***	81 94	88 100
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 40***	8 70***	25 94***	50 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1 40***	1 70***	11 94***	25 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	6 40***	33 70***	83 94	91 100
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 40***	6 70***	23 94***	48 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1 40***	1 70***	10 94***	20 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	8 0	25** 0	50*** 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 9 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	49,39***	55,58***	48,97***	20,00***
Traitements	13	60,56***	68,15***	59,58***	24,02***
Blocs	3	1,01	1,12	2,96*	2,59
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1 2	5 6	10 12	13 20
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2 1	6 5	14 11	21 18
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2* 1	9*** 2	19*** 5	29*** 6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	2 1	9*** 2	18*** 5	24*** 11
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	23*** 2	60*** 6	95*** 12	100*** 18
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 2	0 6**	0 12**	0 18**
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2 23***	14 60***	25 95***	31 100***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 23***	2 60***	3 95***	4 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1 23***	1 60***	5 95***	5 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3 23***	17 60***	38 95***	53 100***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 23***	3 60***	10 95***	11 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1 23***	1 60***	2 95***	3 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	2 0	3 0	4 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 10 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	33,05***	238,26***	31,79***	12,17***
Traitements	13	40,45***	293,14***	38,35***	13,69***
Blocs	3	0,96	0,42	3,34*	5,62**
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1 2	2 3	14 15	34 34
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1 2	3 3	15 15	30 37
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2 1	3 2	19** 11	44*** 24
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1 2	3* 1	19*** 11	42*** 26
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	60*** 1	88*** 2	100*** 15	100*** 34
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 1	0 2	0 15***	0 34***
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	4 88***	26 100***	65 100**
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	2 88***	15 100***	31 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	1 88***	8 100***	19 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	5 88***	19 100***	40 100***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	3 88***	15 100***	33 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1 60***	1 88***	10 100***	25 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1 0	2 0	15* 0	31** 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 11 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le recouvrement des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	13,14***	18,06***	16,46***	11,45***
Traitements	13	14,85***	18,53***	16,11***	9,00***
Blocs	3	5,70**	16,06***	17,98***	22,03***
Comparaisons simples		%			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	10 11	24 27	39 43	57 61
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	12 11	28 26	44 41	59 63
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	18*** 4	38*** 15	53*** 30	72*** 47
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	15** 7	36*** 16	50*** 33	65* 54
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	58*** 11	94*** 26	97*** 41	100*** 60
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0 11*	0 26***	0 41***	0 60***
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	26 58***	52 94***	61 97***	74 100*
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2 58***	16 94***	29 97***	49 100***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	5 58***	10 94***	28 97***	45 100***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	30 58***	65 94**	78 97*	88 100
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	5 58***	21 94***	30 97***	52 100***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	3 58***	9 94***	30 97***	43 100***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	2 0	16 0	29** 0	49*** 0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 12 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	5,16***	2,99**	3,98***	14,40***
Traitements	13	6,00***	3,35**	4,52***	17,44***
Blocs	3	1,52	1,42	1,63	1,23
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	33,3 59,0	23,8 21,7	4,6 9,0	61,6 89,8
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	54,4 63,7	22,0 21,5	5,9 12,1	82,3 97,2
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	69,7** 31,2	25,0 19,8	13,5 1,6	108,2*** 52,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	96,0*** 4,9	42,8*** 2,0	15,0 0,1	153,9*** 6,9
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	118,2* 50,4	59,2** 22,4	141,4*** 7,5	318,8*** 80,4
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 50,4	0,0 22,4	0,0 7,5	0,0 80,4**
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	83,9 118,2	49,4 59,2	17,3 141,4***	150,6 318,8***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	40,9 118,2*	43,8 59,2	1,1 141,4***	85,8 318,8***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	7,0 118,2**	0,8 59,2**	0,0 141,4***	7,8 318,8***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	150,1 118,2	56,2 59,2	23,7 141,4***	230,0 318,8*
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	58,9 118,2	28,1 59,2	0,0 141,4***	87,0 318,8***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	5,7 118,2**	3,1 59,2**	0,0 141,4***	8,7 318,8***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	40,9 0,0	43,8* 0,0	1,1 0,0	85,8* 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 13 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	3,44***	3,74***	4,13***	6,48***
Traitements	13	3,88***	4,07***	4,55***	7,92***
Blocs	3	1,54	2,32	2,29	0,28
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	16,3 7,5	12,4 6,1	2,7 0,5	31,4* 14,0
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	5,5 9,4	6,8 5,3	0,3 0,6	12,6 15,4
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	15,9* 4,9	13,0** 3,4	2,0 0,4	31,0** 8,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	15,1 5,7	6,2 10,2	2,0 0,4	23,4 16,2
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	60,1*** 10,4	32,6*** 8,2	24,2*** 1,2	116,9*** 19,8
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 10,4	0,0 8,2	0,0 1,2	0,0 19,8
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	40,8 60,1	20,4 32,6	10,2 24,2**	71,4 116,9**
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	4,3 60,1***	0,6 32,6***	0,2 24,2***	5,2 116,9***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	8,2 60,1***	1,7 32,6***	0,0 24,2***	10,0 116,9***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	8,2 60,1***	10,5 32,6**	0,4 24,2***	19,1 116,9***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,9 60,1***	2,8 32,6***	0,3 24,2***	7,0 116,9***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,2 60,1***	8,7 32,6**	0,2 24,2***	10,1 116,9***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	4,3 0,0	0,6 0,0	0,2 0,0	5,2 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 14 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2013

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	5,42***	1,28	1,75	5,13***
Traitements	13	5,47***	1,38	1,89	5,27***
Blocs	3	5,50**	0,73	1,34	4,85**
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	48,7 51,1	2,3 4,2	5,4 1,5	56,4 56,8
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	48,2 53,9	6,3 2,1	1,9 1,1	56,4 57,1
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	51,8 48,6	4,9 2,2	4,9 0,8	61,7 51,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	80,8*** 22,2	0,6 6,2	5,7 0,2	87,1*** 28,7
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	154,3*** 50,2	16,0 3,6	5,0 2,9	175,3*** 56,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 50,2*	0,0 3,6	0,0 2,9	0,0 56,6*
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	104,2 154,3	0,2 16,0	21,1 5,0	125,5 175,3
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	59,5 154,3**	0,0 16,0	0,0 5,0	59,5 175,3***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	18,0 154,3***	3,8 16,0	0,0 5,0	21,8 175,3***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	83,0 154,3*	0,6 16,0	3,4 5,0	87,0 175,3**
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	73,0 154,3*	1,2 16,0	4,9 5,0	79,0 175,3**
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	14,3 154,3***	3,2 16,0	0,0 5,0	17,5 175,3***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	59,5* 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	59,5 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 15 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche aérienne des mauvaises herbes dans la citrouille à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	Biomasse dicot.	Biomasse graminées	Biomasse totale
Modèle	16	6,59***	1,41	6,25***
Traitements	13	7,63***	1,14	6,87***
Blocs	3	1,98	2,60	2,86
Comparaisons simples		g/m²		
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	58,5 45,1	24,3 8,0	82,8 53,1
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	37,4 52,7	11,8 4,3	49,1 57,1
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	67,6* 34,2	20,2 6,7	87,8** 40,5
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	63,1 38,2	11,7 15,2	74,8 53,4
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	235,0*** 50,0	45,8 13,5	280,8*** 63,5
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 50,0*	0,0 13,5	0,0 63,5*
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	108,8 235,0***	24,8 45,8	133,6 280,8***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	34,4 235,0***	8,8 45,8	43,2 280,8***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	34,8 235,0***	20,8 45,8	55,6 280,8***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	61,7 235,0***	19,2 45,8	80,9 280,8***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	36,4 235,0***	2,4 45,8	38,8 280,8***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	20,8 235,0***	3,4 45,8	24,2 280,8***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	34,4 0,0	8,8 0,0	43,2 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 16 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	3,85***	3,95***	1,68	7,87***
Traitements	13	4,53***	4,61***	1,36	9,33***
Blocs	3	0,90	1,10	3,09*	1,55
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	27,1 37,4	23,9 20,7	1,2 5,2	52,1 63,4
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	33,4 41,4	20,6 20,9	4,1 6,4	58,1 68,6
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	46,3 21,6	27,7* 15,9	5,7 2,1	79,7* 39,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	61,1*** 6,8	39,8*** 3,7	7,7 0,0	108,7*** 10,5
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	200,3*** 34,0	25,2 21,8	22,6 3,9	248,1*** 59,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 34,0	0,0 21,8*	0,0 3,9	0,0 59,62*
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	61,3 200,3***	56,1* 25,2	4,7 22,6	122,0 248,1**
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	40,2 200,3***	30,4 25,2	0,0 22,6*	70,5 248,1***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	4,2 200,3***	4,2 25,2	0,0 22,6	8,4 248,1***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	80,2 200,3**	45,2 25,2	16,0 22,6	141,4 248,1**
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	38,7 200,3***	31,2 25,2	0,4 22,6	70,3 248,1***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	13,8 200,3***	0,8 25,2	0,0 22,6	14,6 248,1***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	40,2 0,0	30,4* 0,0	0,0 0,0	70,5 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 17 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	2,81**	1,01	6,13***	4,02***
Traitements	13	3,30**	0,92	7,28***	4,88***
Blocs	3	0,68	1,40	1,15	0,25
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	27,0 13,1	7,8 7,7	0,7 0,2	35,4 21,0
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	12,3 13,8	8,6 6,8	0,2 0,3	21,1 20,9
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	28,2 7,2	9,8 5,6	0,7 0,1	38,7 12,9
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	22,0 13,4	9,9 5,5	0,5 0,3	32,3 19,2
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	182,5*** 17,7	8,0 7,7	23,7*** 0,4	214,2*** 25,8
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 17,7	0,0 7,7	0,0 0,4	0,0 25,8
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	54,4 182,5**	8,2 8,0	1,7 23,7***	64,3 214,2***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	7,0 182,5***	5,9 8,0	0,0 23,7***	12,8 214,2***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	10,3 182,5***	13,0 8,0	0,3 23,7***	23,6 214,2***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	8,7 182,5***	21,3 8,0	0,4 23,7***	30,4 214,2***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	13,7 182,5***	6,1 8,0	0,0 23,7***	20,0 214,2***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	5,7 182,5***	1,0 8,0	0,2 23,7***	6,9 214,2***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	7,0 0,0	5,9 0,0	0,0 0,0	12,8 0,0

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 18 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2013

Source de variation	d.l.	Dicot. annuelles	Dicot. vivaces	Graminées annuelles	Biomasse totale
Modèle	16	5,31***	0,54	1,24	4,51***
Traitements	13	6,09***	0,61	1,06	5,11***
Blocs	3	1,79	0,28	1,96	1,81
Comparaisons simples		g/m²			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	30,5 21,2	7,0 7,1	4,7 2,6	42,2 30,8
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	23,6 18,5	6,9 7,2	2,2 3,0	32,8 28,8
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	30,7 18,0	8,4 5,7	4,4 2,3	43,5 26,0
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	34,5 15,9	3,6 9,9	7,1** 0,2	45,2 26,0
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	147,0*** 24,4	4,9 7,0	5,6 3,3	157,5*** 34,7
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 24,4	0,0 7,0	0,0 3,3	0,0 34,7
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	20,0 147,0***	8,9 4,9	12,9 5,6	41,8 157,5***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	41,5 147,0***	0,8 4,9	8,0 5,6	50,3 157,5***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	13,6 147,0***	7,4 4,9	0,0 5,6	20,9 157,5***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	62,8 147,0***	3,2 4,9	7,0 5,6	73,0 157,5***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	8,0 147,0***	0,5 4,9	0,1 5,6	8,6 157,5***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	9,6 147,0***	13,0 4,9	0,0 5,6	22,6 157,5***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	41,5 0,0	0,8 0,0	8,0 0,0	50,3* 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 19 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour la biomasse sèche des mauvaises herbes dans la courge spaghetti à Beauport en 2014

Source de variation	d.l.	Biomasse dicot.	Biomasse graminées	Biomasse totale
Modèle	16	6,58***	4,04***	7,27***
Traitements	13	5,51***	3,78***	8,12***
Blocs	3	11,20***	5,19**	3,61*
Comparaisons simples		g/m²		
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	52,8 59,5	5,2 11,7	58,0 71,2
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	62,8 56,2	14,0 9,4	76,8 65,6
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	67,1* 47,4	10,2 8,9	77,2 56,3
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	70,9** 43,6	14,5 4,5	85,4** 48,1
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	156,8*** 57,3	72,2*** 9,5	229,0*** 66,8
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	0,0 57,3**	0,0 9,5	0,0 66,8**
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	87,4 156,8**	5,3 72,2***	92,7 229,0***
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	46,2 156,8***	13,1 72,2***	59,3 229,0***
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	31,0 156,8***	1,8 72,2***	32,7 229,0***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	89,0 156,8**	7,8 72,2***	96,8 229,0***
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	81,2 156,8**	26,6 72,2**	107,8 229,0***
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	26,4 156,8***	5,6 72,2***	32,0 229,0***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	46,2* 0,0	13,1 0,0	59,3* 0,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 20 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des citrouilles à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	14,58***	35,71***	11,67***	6,43***
Traitements	13	17,10***	43,30***	14,35***	7,34***
Blocs	3	3,68	2,83	0,09	2,49
Comparaisons simples		(1 à 7)			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,1 1,2*	4,1 4,1	5,6 5,6	6,6 6,6
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1,2 1,2	4,1 4,0	5,6 5,6	6,7 6,6
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	1,3*** 1,1	4,1 4,1	5,6 5,6	6,6 6,7
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,3*** 1,0	5,0*** 3,2	6,0*** 5,2	7,0*** 6,3
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,9*** 1,2	5,0*** 4,1	6,0** 5,6	7,0* 6,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	1,9*** 1,2	5,0*** 4,1	6,1*** 5,6	7,0* 6,6
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,4 1,9**	5,0 5,0	6,0 6,0	7,0 7,0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,9***	5,0 5,0	6,0 6,0	7,0 7,0
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,9***	3,0 5,0***	5,1 6,0***	6,3 7,0**
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6 1,9*	5,0 5,0	6,0 6,0	7,0 7,0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,3 1,9***	5,0 5,0	6,0 6,0	7,0 7,0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,9***	3,3 5,0***	5,3 6,0***	6,5 7,0*
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,0 1,9***	5,0 5,0	6,0 6,1	7,0 7,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 21 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des citrouilles à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	3,01**	***	***	11,04***
Traitements	13	3,70***	***	***	13,36***
Blocs	3	0,03			1,00
Comparaisons simples		(1 à 7)			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2,7 2,6	5,0 5,0	6,5 6,5	6,6 6,6
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2,7 2,5	5,0 5,0	6,5 6,5	6,7 6,5
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2,6 2,6	5,0 5,0	6,5 6,5	6,7 6,5
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	3,0** 2,3	5,0 5,0	7,0*** 6,0	7,0*** 6,2
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	4,3*** 2,6	6,0*** 5,0	7,0*** 6,5	7,0** 6,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	4,5*** 2,6	6,0*** 5,0	7,0*** 6,5	7,0** 6,6
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,0 4,3*	5,0 6,0***	7,0 7,0	7,0 7,0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,8 4,3*	5,0 6,0***	7,0 7,0	7,0 7,0
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,8 4,3*	5,0 6,0***	6,0 7,0***	6,1 7,0***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,8 4,3*	5,0 6,0***	7,0 7,0	7,0 7,0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,5 4,3	5,0 6,0***	7,0 7,0	7,0 7,0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	2,0 4,3***	5,0 6,0***	6,0 7,0***	6,1 7,0***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	2,8 4,5**	5,0 6,0***	7,0 7,0	7,0 7,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 22 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	7,87***	22,64***	7,25***	7,06***
Traitements	13	9,46***	27,36***	8,66***	8,52***
Blocs	3	1,00	2,17	0,97	0,72
Comparaisons simples		(1 à 7)			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,1 1,2	4,3 4,1	5,7 5,6	6,4 6,5
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1,2 1,2	4,1 4,0	5,6 5,7	6,5 6,6
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	1,2** 1,1	4,1 4,1	5,7 5,6	6,5 6,5
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,3*** 1,0	5,0*** 3,3	6,0*** 5,3	6,9*** 6,1
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,5*** 1,2	5,0*** 4,1	6,0* 5,7	7,0** 6,5
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	1,6*** 1,2	5,0*** 4,1	6,1** 5,7	7,0** 6,5
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,4 1,5	5,0 5,0	6,0 6,0	6,8 7,0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,1 1,5**	5,0 5,0	5,9 6,0	6,8 7,0
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,5***	3,5 5,0***	5,4 6,0**	6,0 7,0***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,5 1,5	5,0 5,0	6,0 6,0	6,8 7,0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,1 1,5**	5,0 5,0	6,1 6,0	7,0 7,0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,5***	3,3 5,0***	5,0 6,0***	6,3 7,0**
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,1 1,6***	5,0 5,0	5,9 6,1	6,8 7,0

, * est significatif à P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 23 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le stade de croissance des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	2 SAE	4 SAE	6 SAE	8 SAE
Modèle	16	29,85***	1,00	***	7,03***
Traitements	13	36,64***	1,00	***	8,28***
Blocs	3	0,43	1,00		1,72
Comparaisons simples		(1 à 7)			
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2,9 2,8	5,1 5,0	6,5 6,5	6,7 6,7
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2,8 2,9	5,0 5,0	6,5 6,5	6,6 6,8
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	3,0** 2,7	5,0 5,0	6,5 6,5	6,8* 6,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	3,6*** 2,0	5,0 5,0	7,0*** 6,0	7,0*** 6,4
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	4,3*** 2,8	5,0 5,0	7,0*** 6,5	7,0* 6,7
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	4,8*** 2,8	5,0 5,0	7,0*** 6,5	7,0* 6,7
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	4,0 4,3	5,3 5,0	7,0 7,0	7,0 7,0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,3 4,3***	5,0 5,0	7,0 7,0	7,0 7,0
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,0 4,3***	5,0 5,0	6,0 7,0***	6,1 7,0***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	4,0 4,3	5,0 5,0	7,0 7,0	6,9 7,0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,0 4,3***	5,0 5,0	7,0 7,0	7,0 7,0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	2,0 4,3***	5,0 5,0	6,0 7,0***	6,0 7,0***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	3,3 4,8***	5,0 5,0	7,0 7,0	7,0 7,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 24 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des citrouilles à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	16	12,06***	13,17***
Traitements	13	14,81***	16,15***
Blocs	3	0,12	0,25
Comparaisons simples		Mg/ha	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	11,5 11,9	12,8 13,5
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	12,0 11,9	13,2 13,8
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	9,4 14,2***	11,7 14,8**
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	13,7*** 9,9	14,3* 12,2
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	16,2* 11,8	16,6 13,2
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	35,4*** 11,8	36,2*** 13,2
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	12,3 16,2	13,3 16,6
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	14,3 16,2	14,7 16,6
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	13,0 16,2	13,8 16,6
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	10,3 16,2*	11,1 16,6*
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	14,6 16,2	15,2 16,6
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	14,3 16,2	14,8 16,6
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	14,3 35,4***	14,7 36,2***

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 25 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	16	9,96***	11,65***
Traitements	13	12,17***	14,01***
Blocs	3	0,41	1,38
Comparaisons simples		No./plant	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	0,8 0,8	1,0 1,0
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	0,9 0,8	1,0 1,0
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	0,7 1,0***	1,0 1,0
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,0*** 0,7	1,1* 0,9
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,0 0,8	1,1 1,0
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,1*** 0,8	2,2*** 1,0
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,0	1,1 1,1
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,0	1,1 1,1
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	0,9 1,0	1,0 1,1
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	0,8 1,0	1,0 1,1
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,0	1,0 1,1
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,0 1,0	1,1 1,1
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,0 2,1***	1,1 2,2***

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Annexe 26 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	16	1,39	1,62
Traitements	13	1,66	1,86
Blocs	3	0,24	0,57
Comparaisons simples		kg/fruit	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,7 1,9	1,7 1,8
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1,9 1,9	1,8 1,8
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	1,7 2,0	1,6 1,9
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,9 1,8	1,8 1,7
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	2,1 1,8	2,1 1,8
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,3 1,8	2,2 1,8
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,7 2,1	1,7 2,1
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,9 2,1	1,9 2,1
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,1	1,9 2,1
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6 2,1	1,6 2,1
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,1	2,0 2,1
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,9 2,1	1,9 2,1
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,9 2,3	1,9 2,2

Annexe 27 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des citrouilles à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	16	13,09***	10,85***
Traitements	13	16,01***	13,09***
Blocs	3	0,42	1,13
Comparaisons simples		Mg/ha	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	19,4 17,7	26,4 24,9
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	17,3 18,0	24,4 25,5
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	18,8 17,7	25,1 25,7
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	31,2*** 5,3	34,9*** 15,9
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	29,5** 18,2	29,7 25,4
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	38,3*** 18,2	41,2*** 25,4
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	32,5 29,5	33,1 29,7
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	33,7 29,5	39,7* 29,7
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,4 29,5***	14,4 29,7***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	30,1 29,5	33,7 29,7
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	28,4 29,5	33,9 29,7
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	4,5 29,5***	14,9 29,7**
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	33,7 38,3	39,7 41,2

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 28 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	16	11,64***	5,38***
Traitements	13	13,99***	6,38***
Blocs	3	1,42	1,03
Comparaisons simples		No./plant	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,0 0,9	1,6 1,6
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	0,9 0,9	1,6 1,6
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	0,9 0,9	1,5 1,7
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,6*** 0,3	1,9*** 1,3
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,6** 0,9	1,7 1,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,1*** 0,9	2,4*** 1,6
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6 1,6	1,7 1,7
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,8 1,6	2,2* 1,7
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	0,1 1,6***	1,5 1,7
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,5 1,6	1,8 1,7
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,5 1,6	2,0 1,7
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	0,2 1,6***	1,3 1,7
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,8 2,1	2,2 2,4

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Annexe 29 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la citrouille à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	16	1,80	9,01***
Traitements	13	2,09*	10,56***
Blocs	3	0,55	2,30
Comparaisons simples		kg/fruit	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2,3 2,1	2,1 2,1
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2,0 2,1	2,0 2,2
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2,1 2,2	2,3** 2,0
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	2,7 1,6	2,5*** 1,7
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	2,5 2,2	2,4* 2,1
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,5 2,2	2,4 2,1
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,7 2,5	2,7 2,4
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,7 2,5	2,4 2,4
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,5	1,3 2,4***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,6 2,5	2,5 2,4
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,7 2,5	2,4 2,4
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	0,7 2,5	1,5 2,4***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	2,7 2,5	2,4 2,4

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 30 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	16	11,01***	12,57***
Traitements	13	13,36***	15,22***
Blocs	3	0,83	1,11
Comparaisons simples		Mg/ha	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	12,2 10,5	14,8 14,1
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	11,6 9,4	15,4 12,9
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	9,4 12,8*	12,1 16,7***
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	13,4*** 8,7	16,7*** 12,0
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	13,8 11,1	16,0 14,4
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	37,9*** 11,1	42,1*** 14,4
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	9,8 13,8	12,6 16,0
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	15,2 13,8	18,9 16,0
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	14,1 13,8	16,5 16,0
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	10,0 13,8	13,2 16,0
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	20,9* 13,8	23,8* 16,0
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	7,0 13,8*	12,7 16,0
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	15,2 37,9***	18,9 42,1***

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Annexe 31 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	16	6,76***	7,33***
Traitements	13	8,11***	9,00***
Blocs	3	0,90	0,12
Comparaisons simples		No./plant	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,0 0,9	1,4 1,5
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1,0 0,9	1,5 1,4
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	0,8 1,1*	1,2 1,6***
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,1* 0,8	1,5 1,4
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,0 0,9	1,3 1,4
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,7*** 0,9	3,1*** 1,4
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	0,8 1,0	1,1 1,3
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,1 1,0	1,5 1,3
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1,3 1,0	1,7 1,3
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	0,8 1,0	1,2 1,3
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6* 1,0	2,0** 1,3
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	0,7 1,0	1,5 1,3
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,1 2,7***	1,5 3,1***

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 32 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2013

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	16	1,75	3,76***
Traitements	13	1,94	4,35***
Blocs	3	0,92	1,21
Comparaisons simples		kg/fruit	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	1,6 1,5	1,5* 1,3
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	1,5 1,4	1,3 1,2
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	1,5 1,5	1,3 1,4
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,7 1,4	1,5*** 1,1
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	1,9 1,5	1,70* 1,3
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,0 1,5	1,9*** 1,3
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6 1,9	1,5 1,7
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,9 1,9	1,7 1,7
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1,6 1,9	1,3 1,7
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,6 1,9	1,5 1,7
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,8 1,9	1,6 1,7
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,4 1,9	1,1 1,7**
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	1,9 2,0	1,7 1,9

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 33 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le rendement des courges spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Rendement vendable	Rendement total
Modèle	16	22,37***	22,62***
Traitements	13	26,89***	27,09***
Blocs	3	2,79	3,25*
Comparaisons simples		Mg/ha	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	34,6 30,8	37,7 34,5
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	29,7 31,9	33,5 35,5
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	29,9 34,3*	32,8 38,32**
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	45,0*** 19,1	47,2*** 23,9
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	44,2*** 32,1	46,9*** 35,5
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	65,2*** 32,1	67,1*** 35,5
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	46,5 44,2	49,3 46,9
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	52,2 44,2	52,3 46,9
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	17,0 44,2***	22,2 46,9***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	35,3 44,2*	37,2 46,9*
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	47,7 44,2	52,4 46,9
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	18,2 44,2***	23,7 46,9***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	52,2 65,2**	52,3 67,1***

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement

Annexe 34 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le nombre de fruits par plant dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Nombre vendable	Nombre total
Modèle	16	17,77***	6,33***
Traitements	13	21,35***	7,28***
Blocs	3	2,27	2,19
Comparaisons simples		No./plant	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2,4 2,1	3,1 2,8
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2,0 2,2	2,8 2,9
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	2,1 2,3	2,7 3,1*
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	3,2*** 1,3	3,4*** 2,4
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	3,1*** 2,2	3,4 2,9
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	4,3*** 2,2	4,5*** 2,9
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,3 3,1	3,7 3,4
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,6 3,1	3,7 3,4
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	1,2 3,1***	2,4 3,4*
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,6 3,1	2,8 3,4
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	3,2 3,1	3,8 3,4
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	1,1 3,1***	2,5 3,4*
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	3,6 4,3	3,7 4,5*

*, *** est significatif à P<0,05 et P<0,001, respectivement

Annexe 35 : Valeurs de Fisher de l'analyse de la variance et valeurs moyennes des comparaisons simples pour le calibre des fruits dans la courge spaghetti à Saint-Augustin en 2014

Source de variation	d.l.	Calibre vendable	Calibre total
Modèle	16	1,38	5,25***
Traitements	13	1,22	6,37***
Blocs	3	2,07	0,43
Comparaisons simples		kg/fruit	
1. Seigle *vs* Seigle + vesce	1	2,0 2,0	1,6 1,6
2. Vesce 20 kg/ha *vs* Vesce 30 kg/ha	1	2,0 2,0	1,6 1,7
3. Zadoks 51 *vs* Zadoks 69	1	1,9 2,0	1,6 1,6
4. Glyphosate *vs* Sans glyphosate	1	1,9 2,0	1,9*** 1,4
5. Témoin enherbé *vs* Traitements	1	2,0 2,0	1,9* 1,6
6. Témoin désherbé *vs* Traitements	1	2,1 2,0	2,0** 1,6
7. Zadoks 51 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,9 2,0	1,8 1,9
8. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,0	1,9 1,9
9. Zadoks 69 *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,0	1,2 1,9***
10. Zadoks 51 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	1,9 2,0	1,8 1,9
11. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha + glyphosate *vs* Témoin enherbé	1	2,0 2,0	1,9 1,9
12. Zadoks 69 + vesce 20 kg/ha *vs* Témoin enherbé	1	2,2 2,0	1,3 1,9***
13. Zadoks 69 + glyphosate *vs* Témoin désherbé	1	2,0 2,1	1,9 2,0

*, **, *** est significatif à P<0,05, P<0,01 et P<0,001, respectivement