

Université de Montréal

**Le *Triticum aestivum* L. cv Major et cv Fuzion en culture biologique ou conventionnelle : comparaison des rendements en grains, de leur qualité panifiable et de l'incidence de la fusariose**

Par  
Simon Louis Lajeunesse

Département des sciences biologiques  
Faculté des Arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise  
en sciences biologiques

Décembre 2018

© Simon Louis Lajeunesse

## **Résumé**

Les rendements de deux cultivars de blé de printemps, *Triticum aestivum* L. cv Major et *Triticum aestivum* L. cv Fuzion, ont été comparés en agriculture conventionnelle et biologique. Les cultures ont été établies sur deux sites situés dans deux zones agroclimatiques différentes, soit Nicolet (zone 2) et Saint-Hyacinthe (zone 1) en 2016 et en 2017. La désoxynivalénol (DON), le pourcentage de protéines, le poids de 1000 grains, l'indice de chute, le GlutoPeak et le poids spécifique ont été mesurés. Ces variables ont été analysées par l'arbre de régression multivariable (groupement sous contrainte) et la MANOVA par analyse de redondance (ordination canonique). En 2016 comme en 2017, années marquées, la première par une compétition intensive d'adventice en culture biologique et la seconde par des infestations de fusariose, les résultats obtenus avec le cultivar Major sont meilleurs que ceux du Fuzion eu égard au test GlutoPeak, au pourcentage de protéine et au poids de 1000 grains, mais pour l'indice de chute, le rendement et le poids spécifique, aucune différence n'a été observée. En 2016, année sèche et favorable, il y a autant d'hétérogénéité entre les types d'agriculture d'une part, et les sites d'un même type d'agriculture et les cultivars d'autre part, ce qui rend difficile un avis sur la valeur comparée de l'un ou l'autre type d'agriculture, ou de l'un ou l'autre des cultivars. Il en va de même pour le DON. On remarque toutefois que pour les sites non perturbés par des adventices, le rendement en agriculture biologique est aussi bon qu'en agriculture conventionnelle.

**Mot clé :** blé, Fusarium, fusariose, agriculture biologique, agriculture conventionnelle, rendements, adventices

**Abstract:**

Yields of two spring wheat cultivars, *Triticum aestivum* L. var. Major and *Triticum aestivum* L. var. Fuzion, were compared in conventional and organic agriculture. Crops were grown at two sites in two different agroclimatical areas: Nicolet (Zone 2) and Saint-Hyacinthe (Zone 1) in 2016 and 2017, respectively. Deoxynivalenol (DON), protein percentage, weight of one thousand grains, falling number, GlutoPeak test and specific gravity were measured. These variables were analyzed using a multivariate regression tree analysis (constrained clustering) and a MANOVA analysis by RDA (canonical ordination). In 2016 and 2017, two years characterized by an intensive competition from adventive species in organic culture in the first case and by wilt infestations in the second case, the results obtained with the “Major” cultivar are better than those of the Fuzion with respect to the GlutoPeak test, the protein percentage and the weight of 1000 grains, but with respect to falling number, yield, and specific gravity, no difference was observed. In 2016, a dry and favourable year, there is as much heterogeneity between the types of agriculture, on the one hand, and the sites of the same type of agriculture and cultivars, on the other hand. This makes it difficult to determine the comparative value of either type of agriculture, or any of the cultivars. The same applies to DON. However, it must be noted that for sites not disturbed by adventive species, the yield in organic agriculture is as good as in conventional agriculture.

**Key words:** Fusarium, wheat, organic agriculture, conventional agriculture, yield, weeds

<b>Table des matières</b>	
<b>Chapitre 1 : Introduction générale</b>	<b>10</b>
<i>La place du blé non biologique dans les grandes cultures</i>	11
<i>La place du blé biologique dans les grandes cultures</i>	11
<b>Chapitre 2, article</b>	<b>14</b>
<i>Introduction</i>	14
<i>Méthodologie</i>	16
<i>Résultats</i>	24
Le climat	24
Récoltes	31
Pour l'année 2016	31
Pour l'année 2017	33
Pour l'année 2017 pour Nico_Bio et St-Pie_Bio seulement	37
<i>Discussion</i>	39
Pour l'année 2016	39
Pour l'année 2017	41
<i>Conclusion</i>	43
<b>Chapitre 3. Discussion générale et conclusion</b>	<b>44</b>
<b>Bibliographie générale</b>	<b>47</b>
<b>Annexe</b>	<b>58</b>

## Liste des figures

Figure 1. températures du 1er juin au 15 juillet 2016 à Saint-Hyacinthe	25
Figure 2. Précipitations pour la période du 1er juin au 15 juillet 2016 à Saint-Hyacinthe	26
Figure 3. Températures du premier juin au 15 juillet 2017 à Saint-Hyacinthe	27
Figure 4. Précipitations du premier juin au 15 juillet 2017 à Saint-Hyacinthe	27
Figure 5. Températures du premier juin au 15 juillet 2016 à Nicolet	28
Figure 6. Précipitations du premier juin au 15 juillet 2017 à Nicolet	29
Figure 7. Températures du premier juin au 15 juillet 2017 à Nicolet	30
Figure 8. Précipitations du premier juin au 15 juillet 2017 à Nicolet	30
Figure 9. Résultats de l'année 2016, Plan 1×2 d'une analyse de variance multivariée par analyse de redondance (MANOVA par RDA) des données (centrées-réduites) des quatre sites....	32
Figure 10. Résultat de la MRT de l'ensemble des données centrées réduites de l'année 2017...	34
Figure 11. Résultats de l'année 2017. Axes 1 et 2 d'une analyse de variance multivariée par analyse de redondance (MANOVA par RDA) expliquant les variables réponses	36
Figure 12. Résultats pour l'année 2017 en agriculture biologique seulement pour les sites Nico_Bio et St-Pie_Bio ...	39

## Liste des tableaux

Tableau I — Résumé des critères de sélection des deux cultivars de blé	18
Tableau II — Résumé de l'analyse des sols pour Saint-Hyacinthe et Nicolet pour les années 2016 et 2017	21
Tableau III — Résultats des analyses de farine et du grain pour l'année 2016	33
Tableau IV — Résultats des analyses de rendement et de farine et du grain pour l'année 2017 pour chaque site et chaque cultivar	37
Tableau V — Tableau d'ANOVA par analyse de redondance de l'analyse des résultats de l'année 2017 en bio sites (St-Pie_Bio x Nico_Bio) par les deux facteurs Site et Cultivar, ainsi que leur interaction	37
Tableau VI — Résultats des MANOVA par analyse de redondance, séparées pour chacun des deux sites pour l'année 2017.	38

## Liste des sigles

- AACCI: American Association of Cereal Chemists International,. AACC International est une organisation professionnelle à but non lucratif composée de membres spécialistes de l'utilisation des céréales dans les aliments. Fondée en 1916, la société a son siège à Eagan, dans le Minnesota.
- BYDV: Barley yellow dwarf virus.
- CÉROM : Centre de recherche sur le grain inc.
- FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- MAPAQ : Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- MITACS : Organisme national sans but lucratif qui conçoit et met en œuvre des Programmes de recherche et de formation au Canada.
- RGCQ : Réseau des grandes cultures du Québec.
- UPA : Union des producteurs agricoles.

## **Remerciements**

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation de ce mémoire de maîtrise. Je tiens ici à les remercier. Il s'agit tout d'abord de mon directeur de recherche, monsieur Michel Labrecque conservateur du Jardin botanique de Montréal et professeur associé à l'Université de Montréal, qui a accueilli mon projet. Son savoir, son calme et son discernement ont été très éclairants. Merci également aux membres du comité-conseil, messieurs Alain Coliastro botaniste au Jardin botanique de Montréal et professeur associé à l'Université de Montréal et François Tardif de l'université de Guelph, dont les précieuses recommandations ont été très utiles. Les membres du jury madame Sylvie Rioux du CÉROM et de l'Université Laval et de monsieur Alain Coliastro botaniste au Jardin botanique de Montréal et professeur associé à l'Université de Montréal. Enfin, un merci tout spécial à Daniel Borcard, que j'ai rencontré au détour d'un cours de statistique et qui a contribué de manière déterminante à l'analyse de mes données et à la présentation des résultats.

Sur le terrain, madame Cécile Tétreault, analyste de semence, m'a guidé tout au long de mon parcours à la lumière de ses 35 années d'expérience en matière de céréales. Un merci également à madame Brigitte Duval agronome au MAPAQ du Centre-du-Québec pour ses connaissances en entomologie et ses contacts avec les agriculteurs.

Je remercie les Moulins de Soulanges et la Milanaise pour leur aide financière, technique et logistique. En particulier, je tiens à remercier l'inoubliable et remarquable Élisabeth Vachon pour ses conseils, mais surtout pour son indéfectible et enthousiaste soutien, et sans laquelle je n'aurais pas pu terminer ce travail. Ma reconnaissance va également à l'organisme MITACS et son programme de bourse accélération, ainsi qu'à Synagri pour avoir financé ce projet. Chez Synagri, Pierre Pagé agronome, Martin Marquis agronome et Camille Morin-L'heureux ne peuvent être passés sous silence. Un mot de remerciement dédié à Vincent Tétreault-Ricard, analyste de semence, s'impose pour sa complicité de tous les instants, qui a contribué au plus bel été de ma vie.

En dernier lieu, je suis reconnaissant envers les précieux collaborateurs et agriculteurs qui m'ont gracieusement prêté champs, équipements et expertise. Ce sont notamment Gilbert Proulx et Sébastien Proulx, de Semences Nicolet, Pierre-Luc Fleurant, de La ferme Fleurilac, à Nicolet, et Alain Ravenelle, à Saint-Pie, agriculteur biologique et à Céréla et son personnel à Saint-Hugues.



Je dois dire un mot sur les étudiants du laboratoire de Michel Labrecque qui m'ont accueilli, dont Maxime Faurtin-Faubert, Alexandre Lucinio, Esther Archambeault et Dominic Desjardins. Enfin, merci à mes proches et mon conjoint, Alain Provencher, pour leur soutien et leur patience pour ses longues journées à m'attendre et à m'entendre parler de blé, de stade Zadok, de pesticides et d'adventices. Merci également à mon ami traducteur et linguiste, Erick Scherer, pour son aide à la rédaction. Et, pourquoi pas ? Merci à la beauté des champs de blé de m'avoir inspiré ce travail et donné tant de sérénité.

## Chapitre 1 : Introduction générale

La demande pour les produits céréaliers issus de l'agriculture biologique serait en forte croissance en Europe et en Amérique du Nord (Agri-Réseau, 2014 ; Shi-Ming et Sauerborn, 2006). Au Canada, l'industrie agroalimentaire biologique a vu ses parts de marché tripler entre 2006 et 2014, et ailleurs dans le monde, elle est en forte augmentation. Les possibilités de croissance dans le secteur des grains biologiques sont donc importantes. En 2012, la valeur des ventes au détail se chiffrait à 360 millions de dollars au Canada (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2010 ; Agri-Réseau, 2014 ; Forges, 2015 ; UPA, 2014, 2015). Les consommateurs et les agriculteurs se préoccupent de plus en plus des effets nocifs potentiels des pesticides sur la santé humaine et l'environnement (Giroux, 2004 et 2010). De plus, ici et comme ailleurs dans le monde, l'intérêt pour le développement d'une agriculture durable fait son chemin dans l'esprit des agriculteurs (Barette, 2006 ; CARTV, 2017 ; Ordre des agronomes du Québec, 2013 ; Samuel, et coll., 2012 ; Shi-Ming et Sauerborn, 2006). Les sols utilisés en agriculture intensive et conventionnelle au Québec ont perdu en moyenne 1 % de leur matière organique entre 1998 et 2009. Dans certaines régions, comme Chaudière-Appalaches, la perte s'élève jusqu'à 2 % (Sall, 2015). L'émission de gaz à effet de serre causée par les pratiques culturales serait aussi une préoccupation croissante chez les agriculteurs (Lacasse, 2016 ; MAPAQ, 2015). Plusieurs chercheurs ont montré que l'agriculture biologique préserverait la vie des sols et contribuerait au maintien et même à la restauration des humus en plus de contribuer à réduire les gaz à effets de serre (Bulluck et coll., 2002 ; Clark et coll., 1998 ; Clough et coll., 2006 ; Dalgaard et coll., 2000 ; Hole et coll., 2004 ; Mondelaers et coll., 2009 ; Pimentel, et coll., 1992, 2005 ; Reganold, 1998 ; Van Stappen, et coll., 2015).

Pour les agriculteurs, les intrants représentent une part importante des coûts utilisés en agriculture intensive et conventionnelle (engrais, pesticides, etc.). Les agriculteurs savent que les intrants représentent une part importante de leur coût de production. Plusieurs recherches ont montré que les coûts de production en agriculture biologique sont moins élevés qu'en agriculture conventionnelle et intensive (Belzile, 2014 ; Lacasse, 2016 ; Vachon, 2015, 2018). Les marges de profit sont donc plus élevées en production biologique. Certaines années, le prix du blé biologique payé aux producteurs représente plus du double de celui du grain non

biologique. Avec les préoccupations pour l'environnement et la santé, cette plus-value serait déterminante dans la conversion des pratiques culturales conventionnelles vers des régies biologiques pour les agriculteurs (Belzile et al 2014 b ; Grenier et coll., 2006 ; Lacasse, 2016 ; Mischler, et coll., 2009 ; Tellier, 2006 ; Vachon, 2015, 2018).

### **La place du blé non biologique dans les grandes cultures**

En 2015, le blé représentait en moyenne 39 % de la production de grains au Canada. Venaient ensuite le canola (20 %), le maïs-grain (17 %) et l'orge (12 %) (Commission canadienne du grain, 2017 ; Statistiques Canada, 2018). La production du blé a connu une progression constante au cours des années 2004 à 2015 (MAPAQ, 2015 ; Sall, 2015). Le Canada est le troisième producteur mondial de blé (FAO, 2017). La progression du blé serait constante depuis 10 ans. Au Québec, la progression est semblable à celle observée dans le reste du Canada. La superficie pour la culture du blé au Québec est de 52 100 hectares pour une production de 152 960 tonnes, avec un rendement d'environ trois tonnes/ha. La valeur marchande en augmentation a aussi contribué à la progression de la production, le blé étant passé de 217 \$ la tonne (en moyenne) en 2009 à 238 \$ la tonne en 2016 (MAPAQ, 2015 ; Producteurs de grains du Québec, 2017).

Le blé du Québec est destiné à deux marchés, soit celui de l'alimentation animale dans le cas du blé fourrager et l'alimentation humaine dans le cas, notamment, du blé de printemps et d'automne. Cette production étant inférieure à ses besoins, le Québec dépend des marchés extérieurs pour satisfaire sa demande. Les besoins pour ces grains sont comblés par les provinces de l'Ouest (Institut de la statistique du Québec, 2015, 2017, 2018 ; MAPAQ, 2009).

### **La place du blé biologique dans les grandes cultures**

Le blé biologique représenterait 10 % de toute la production de blé au Québec (Coopérative agrobio du Québec 2012 ; MAPAQ, 2015). Les minoteries constituent un débouché pour le blé panifiable biologique. Les autres grains biologiques sont utilisés essentiellement pour la fabrication de moulée animale (Québec Portail bio, 2015). Selon le MAPAQ (2018), il y aurait près de 130 entreprises qui produisent du blé biologique certifié au Québec. Selon Levert (2014), le blé biologique — principalement concentré en Montérégie et dans le sud du Québec — avait une valeur marchande de 320 842,54 \$ en 2012. La production du blé biologique serait en pleine expansion au Québec (Institut de la statistique du Québec, 2015, 2017, 2018).

L'évolution des superficies en blé biologique ont crû de 2 700 ha en 2015 à 3 500 ha en 2016, pour passer enfin à 4 400 ha en 2017. Au cours de ces années, le prix moyen de la tonne métrique a atteint jusqu'à 575 \$ la tonne pour le blé d'alimentation humaine, et jusqu'à 450 \$ la tonne pour le blé fourrager (alimentation animale) (Producteurs de grains du Québec, 2017 ; MAPAQ 2018).

Faute d'avoir la certification biologique, les fermes en transition et les fermes dites écologiques ne sont pas incluses dans ces données statistiques. Ces producteurs étant dans une zone grise, la fiabilité des statistiques dans ce domaine est incertaine.

Au Canada, le producteur qui souhaite vendre ses produits sous l'appellation de « produit issu de l'agriculture biologique » doit obtenir une certification officielle auprès de l'un des 30 organismes certificateurs qui existent au Canada. La norme nationale date de 1999, mais elle n'est pas obligatoire à ce moment. Les normes diffèrent donc d'un organisme à l'autre et d'une province à l'autre. C'est en 2008 qu'un nouveau règlement canadien est entré en vigueur, lequel oblige les organismes certificateurs à obtenir une agrégation de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Au Québec, l'encadrement des appellations contrôlées relève du conseil des appellations réservées et des termes valorisants (CARTV, 2013) depuis 2006. Le CARTV agit comme autorité de contrôle désignée par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ, 2009).

Autre préoccupation du marché du grain, les semences de « qualité bio » seraient difficiles à trouver. C'est pourquoi un grand nombre d'agriculteurs se tournent vers le marché des semences non traitées et demandent une dérogation. Cette dérogation est fournie par les semenciers eux-mêmes. Au Québec, 46 % des demandes de dérogation concernent le blé (Massicotte, 2017). La première raison évoquée par les agriculteurs est la non-disponibilité des semences biologiques (Fédération d'agriculture biologique du Québec, 2015).

Enfin, la conversion d'une agriculture conventionnelle à une agriculture biologique ne peut se faire sans guide ou soutien technique. Comme nous l'avons vu, la disponibilité des semences biologiques et leur qualité constituent un défi particulier, tout comme la répression des adventices et des maladies dans les champs (Agri-Réseau, 2014 ; 2006 et 2013 ; Bar et coll. 2017 ; Grenier et coll. 2006 ; Rigby et Cáceres, 2001 ; Mischler, et coll., 2009 ; Vanasse, 2012). Animés par la crainte de pertes importantes ou même le risque d'échec, les agriculteurs sont à l'affût de guides et de conseils pour transformer leurs pratiques avec un faible risque

(Agri-Réseau, 2014). Pour faire un choix éclairé quant aux cultivars les plus performants pour leurs besoins ou les plus résistants aux maladies, les agriculteurs se réfèrent généralement à des guides officiels, comme celui produit par le CÉROM et le Réseau des grandes cultures du Québec (RGCQ) et publié une fois par année dans la revue *Grains*, un supplément de *La Terre de chez nous*. Ce dernier contient des résultats d'essais des trois dernières années pour plusieurs cultivars de blé en régie conventionnelle. Des tableaux comparatifs montrent les résultats des essais variétaux pour les rendements (indice de chute, poids de 1000 grains, niveau de protéines, poids spécifique notamment), la verse et la résistance à diverses maladies, dont la fusariose. Par contre, les essais de cette référence ne sont pas réalisés en mode de production biologique, ce qui laisse les agriculteurs bio à eux-mêmes (Cantin et coll. 2012). La recherche que nous avons faite se situe dans une sorte de prolongement des essais du RGCQ et se propose de fournir aux agriculteurs des recommandations quant au meilleur choix parmi les cultivars disponibles présentés dans le « guide ». Nous avons dès lors été conduits à émettre les hypothèses suivantes :

- 1- La performance des deux cultivars choisis est semblable en mode de culture biologique qu'en mode conventionnel.
- 2- Le contenu en DON des grains est semblable en mode de culture biologique qu'en mode conventionnel pour les deux cultivars choisis.

Notre travail de recherche a aussi trois objectifs que nous croyons importants eu égard aux préoccupations des agriculteurs et des chercheurs, qui sont 1) d'acquérir des connaissances phytosanitaires, techniques et phénologiques sur le *T. aestivum* L. Major et le *T. aestivum* L. Fuzion en régie de culture biologique et des connaissances quant à la résistance aux maladies et aux ravageurs ; 2) de comparer la qualité du grain (pourcentage de protéines, indice de chute, poids de mille grains et du poids à l'hectolitre) en agriculture biologique et conventionnelle pour le *T. aestivum* L. Major et le *T. aestivum* L. Fuzion ; 3) de faire des recommandations quant au choix des cultivars à semer en agriculture biologique.

Nous présentons ce mémoire sous forme d'article. L'article comme tel fait le bilan de deux saisons d'expérimentation dans deux régions climatiques du Québec pour la culture de deux cultivars de blé en agriculture biologique et agriculture conventionnelle. Il est suivi d'une discussion générale.

## Chapitre 2, article

Cet article sera traduit en anglais et sera soumis à la revue *Agriculture and Agricultural Science Procedia*

Le *Triticum aestivum* L. cv Major et cv Fuzion : en culture biologique ou conventionnelle : comparaison des rendements et de la résistance à la fusariose

Auteurs : Simon Louis Lajeunesse, Daniel Borcard et Michel Labrecque

### **Introduction**

Pour les meuneries et les agriculteurs, le rendement et la qualité du grain de *Triticum aestivum* L sont importants. Le rendement se définit par la **quantité du produit récolté sur une surface cultivée donnée** tout en tenant en compte la **qualité** du produit. La **qualité** est définie par des critères de pourcentage de protéines, de DON (présence de désoxynivalénol), du poids à l'hectolitre (poids spécifique), de la teneur en eau, de la force boulangère (BEM ou Glutopéak) et de l'indice de chute de Hagberg (Cauvain, 2018a, b, c, d, e ; Fraser, 1956, Lachance, 2004 ; Commission canadienne du blé, 2018 a et b ; Oïkonomou et coll., 2015 ; Posner, 2005, William et coll., 2018). Ces critères sont également ceux qui sont retenus par le guide du RGCQ précédemment cité. Ce sont ces mêmes critères que nous retiendrons pour notre travail de recherche. Le rendement et la qualité du grain et de la farine qui en est issue sont une préoccupation plus fréquente en agriculture biologique ou sans intrants chimiques qu'en agriculture conventionnelle ou intensive, notamment en ce qui a trait à la teneur en protéines et à la qualité de celles-ci. En agriculture biologique, faute d'herbicide et aussi de techniques culturales appropriées, l'envahissement par des adventices peut réduire significativement le rendement et la qualité du grain à cause de la compétition qu'elles imposent pour l'accès aux nutriments tels que l'azote et l'eau en particulier au stade Z40 à Z70. Les adventices sont aussi considérées comme des vecteurs importants de maladies pour le blé. (Bar et coll., 2017 ; Cantin et coll., 2012 ; De Ponti et coll., 2012, Munger et coll., 1994).

Les cultures conventionnelles ou intensives seraient également avantagées en raison de la protection des céréales contre les maladies cryptogamiques à l'aide de fongicide de synthèse (Bonin et coll. 2017 ; Saur et coll., 1993 ; Zakhia-Rozis et Schorr-Galindo, 2013). En agriculture biologique sans application de fongicide, les racines pourraient être plus facilement atteintes par *Cochliobolus sativus* (fonte des semis) (Ito & Kuribayashi) Drechs. ex Dastur, *Pytium* spp. (Kanouse & T. Humphrey) ou *Fusarium* spp. (Schwabe), entre autres (Bailey et coll., 2004). De même, les risques de toxicité due aux mycotoxines telles que les tricothécènes (principalement la désoxynivalénol) — produites notamment par *Fusarium graminearum* — seraient plus élevés en agriculture biologique, et risqueraient *de facto* de réduire davantage le rendement et la qualité du grain qu'en agriculture conventionnelle (Broydé et Doré, 2013 ; Brown et coll., 2010 ; Dexter et coll., 2006 ; Lachance, 2015 ; Rioux, 2015 ; Tangni, et coll., 2013). Par contre les travaux de Munger et coll. 2014 ont montré le contraire, soit moins de DON dans les grains produits dans un système à bas niveau d'intrants que dans un système à haut niveau d'intrants. Sachant qu'une forte teneur en DON a des effets négatifs sur les qualités panifiables du blé, ces travaux méritent d'être cités. Le niveau de contamination par les tricothécènes est un critère de discrimination majeur dans le classement ou le déclassement du grain pour la consommation humaine et animale (Champeil et coll., 2004, Chetouhi, 2015), et il constitue un facteur déterminant dans le prix payé à l'agriculteur par la meunerie. Santé Canada publie des recommandations sur les taux acceptables de contamination par les mycotoxines dans les produits alimentaires tels que la farine (Santé-Canada, 2017). Ces taux sont sensiblement les mêmes en Europe (Tangni et coll., 2013 ; Bar, 2017). L'industrie agroalimentaire respecte les recommandations émises par Santé-Canada quant aux taux maximums de toxine dans les farines. Ainsi un lot de grain qui contiendrait plus de 2 ppm de désoxynivalénols (DON) serait déclassé ou rejeté par les meuneries (Moulin de Soulanges, 2011, 2012). Certains lots de grains peuvent même être détruits ce qui constituerait une perte totale pour les agriculteurs (Broydé et Doré, 2013 ; Tangni et coll. 2013).

Les études consultées, sans mentionner de différence pour la quantité, ne montrent pas de différence significative entre la qualité du grain en agriculture biologique et la qualité du grain en agriculture conventionnelle. (Broydé et Doré, 2013 ; Mader et coll. 2007 ; Mason et coll. 2006 ; Tangni et coll. 2013). Mais tous les cultivars offrent-ils une chance égale de réussite en agriculture conventionnelle et biologique ? Les recherches consultées comparent de manière

générale la qualité des farines, sans toutefois tenir compte des cultivars d'origine. Or parmi les cultivars offerts aux producteurs du Québec, quels sont ceux qui offriraient une résistance à la fusariose et un bon rendement devant la concurrence des adventices en agriculture biologique ? Notre recherche a comme objectifs de développer des connaissances phytosanitaires, techniques et phénologiques sur deux cultivars de blé, de comparer leurs rendements en grains et leur qualité en agriculture biologique et conventionnelle et de faire des recommandations quant au choix des cultivars à semer en agriculture biologique.

Pour cela, nous émettons deux hypothèses, la première étant que la performance des deux cultivars choisis est semblable en mode de culture biologique et en mode conventionnel. La deuxième étant que le contenu en DON des grains est semblable en mode de culture biologique qu'en mode conventionnel pour les deux cultivars choisis.

## **Méthodologie**

Cette étude a été menée sur deux saisons (2016 et 2017). Pour chacune des saisons, des cultures (biologiques et conventionnelles) de blé ont été mises en place dans deux régions aux conditions pédoclimatiques différentes (zone 1 et zone 2).

### **Le choix des sites en zones de culture 1 et 2**

Le zonage climatique utilisé par le RGCQ et par les acteurs du domaine agricole au Québec est celui des degrés-jours. Le degré-jour de croissance est une mesure empirique utilisée pour calculer l'accumulation de chaleur afin d'estimer la durée d'un développement biologique tel que la croissance d'une plante. La zone 1 accumule entre 3002-3189 degrés-jours du 1er avril au 31 octobre. La zone 2 accumule 2815 à 3001 degrés-jours et la zone 3 de 2440 à 2626 degrés-jours. (Agrométéo Québec, 2019)

### **Le choix des cultivars**

Nous avons utilisé le guide officiel des semences édité par le CÉROM et le RGCQ pour choisir deux cultivars de blé homologués destinés à l'alimentation humaine, disponibles pour le marché québécois et susceptibles d'être choisis par les agriculteurs. En comparant les caractéristiques des 19 cultivars proposés pour le Québec, nous avons choisi les deux cultivars présentant la meilleure résistance à la fusariose (*F. graminearum*), à l'oïdium (*Blumneria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Ém. Marchal), à la rouille brune (*Puccinia triticina*, Eriks) à la rouille jaune (*Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks.), aux taches



helminthosporiennes (dans le guide on retrouve une cote pour la sensibilité aux taches foliaires en général comprenant plusieurs agents pathogènes dont *Cochliobolus sativus*) (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur (1942), *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castellani & E.G. Germano, *Septoria tritici* Roberge in Desmaz et *C. sativus.*, à la jaunisse nanisante (BYDV) et à la verse. De plus, les deux cultivars devaient présenter des caractéristiques semblables de poids de 1 000 grains, de poids spécifiques (kg à l'hectolitre) et d'indice de chute, et posséder des caractéristiques supérieures aux autres cultivars proposés.

### **Le Major**

Dans les essais réalisés durant trois ans par le RGCQ (2014, 2015, 2016), le cultivar Major s'est avéré un premier choix pour la régie de culture biologique. En effet, il atteint la maturité physiologique en 100 jours, se situant dans la moyenne des autres grains de sa catégorie (Hard red spring wheat, classé «autres blés panifiables» par le RGCQ (2014, 2015, 2016). Sa verse comprise entre 1 et 2,4 (sur une échelle de 0 à 9) le place ainsi sous la moyenne des cultivars de sa catégorie, ou à l'intérieur de celle-ci. Son rendement relatif varie de 105 % à 97 % selon les essais effectués par le RGCQ. Son poids spécifique de 77,6 kg/hl à 80,9 kg/hl le positionne avantageusement. Le poids de 1 000 grains est également avantageux, à 39,4 g sur une moyenne de sa catégorie à 40 g. De niveau 1 sur une échelle de 1 à 9, sa très forte résistance à la fusariose, à l'oïdium, à la rouille brune, à la rouille jaune et aux taches foliaires le démarque remarquablement par rapport aux autres cultivars (RGCQ, 2014, 2015, 2016). Pour le Québec, la culture d'un blé avec une résistance cotée au-delà de 4 n'est pas recommandée (9 = aucune résistance) (CRAAQ, 2003, 2012). Les autres caractéristiques du cultivar Major sont une résistance de niveau 2 à la jaunisse nanisante, un taux de protéines se situant dans la moyenne de sa catégorie, soit 13,3 %, et enfin un indice de chute de 289, soit 15 points au-dessus de la moyenne de sa catégorie (RGCQ, 2014, 2015, 2016).

### **Le Fuzion**

Pour trouver un blé dont les caractéristiques se rapprochent le plus de celles du Major en termes de rendement et de résistance aux maladies et qui se prêterait comme le Major à l'agriculture biologique selon le guide du RGCQ (2014, 2015, 2016), il faut passer de la catégorie «autres blés panifiables» à la catégorie «blés à pain de mie». C'est le cultivar Fuzion qui se rapproche le plus du cultivar Major, avec une taille de 109 cm (Major, 106 cm),

un poids de mille grains de 39,3 g (Major 39,4 g), une résistance de 1 à la fusariose (Major, 1), de R à l'oïdium de 3 à la rouille jaune (Major, 1), de 2 à la tache foliaire (Major, 1) et de 3 à la jaunisse nanisante (Major, 2). Le cultivar Kingsey aurait pu se qualifier, car comme le Major et le Fuzion, sa résistance à la fusariose est de 1 et sa résistance aux taches foliaires de 2 ; toutefois, sa résistance à l'oïdium est de 4 (RGCQ, 2014, 2015, 2016). Cette dernière différence l'écarte de notre expérience par cette trop grande vulnérabilité. Le blé le plus approprié pour notre expérience et dont les caractéristiques s'apparentent à celles du cultivar Major est sans contredit le cultivar Fuzion. On peut mieux comparer toutes ces caractéristiques dans le tableau suivant.

**Tableau 1 — Résumé des critères de sélection des deux cultivars de blé**

Critères	Major	Fuzion
Verse (résultats non présentés)	1 à 2,4/9	4/9
Rendement relatif	105 %	105 %
Maturité	100 jours	100 jours
Taille	106 cm	109 cm
Poids de 1000 grains	39,4 g	39,3 g
Résistance à la fusariose	1/9	1/9
Résistance à l'Oïdium	R	R
Résistance à la rouille jaune et brune	1	3
Taches foliaires	1	2
Résistance à la jaunisse nanisante	2	3

Pour les deux années, le blé Major non traité provient de Synagri d'un lot certifié numéro 1 portant l'étiquette officielle de L'Agence canadienne d'inspection des aliments comportant un numéro de certificat et un numéro de lot pour les deux années. Des tests de germinations ont été effectués dans le laboratoire de Synagri par le chercheur principal sous la supervision de Vincent Tétreault-Ricard, analyste de semence. Le certificat de germination pour l'année 2016 indiquant un taux moyen de 89,25 % a été signé par Vincent Tétreault-Ricard. Le blé Fuzion provient de Prograin ayant la même certification que le Major avec un taux de germination moyen de 90 %. Pour l'année 2017, le taux de germination pour le Major est de 89,5 % et celui du Fuzion est de 89,7 %.

### **La première année**

À l'été 2016, le Major et le Fuzion ont été cultivés dans la région de Nicolet (zone 2) et la région de Saint-Hyacinthe (zone 1). Dans chacune de ces deux régions, deux terrains situés à proximité l'un de l'autre et présentant des conditions édaphiques et climatiques similaires ont

été utilisés pour réaliser cette expérience. L'un était destiné et certifié à l'agriculture biologique, l'autre, à l'agriculture conventionnelle.

**En zone 1**, dans la région de Saint-Hyacinthe, le terrain en agriculture biologique, nommé St-Pie\_Bio, était situé à Saint-Pie, aux coordonnées GPS : 45.537165, -72 926 824. Le terrain en agriculture conventionnelle, nommé St-Hyac\_Conv., était situé aux coordonnées GPS 45.675900, -72 996 190.

**En zone 2**, dans la région de Nicolet, le terrain pour l'agriculture conventionnelle, nommé Nico\_Conv., était situé aux coordonnées GPS : 45 557 022 8,-73 570 427 8). Le terrain certifié pour l'agriculture biologique, nommé Nico\_Bio, était situé aux coordonnées GPS : 46.255721, -72 532 830.

**Caractéristiques des sols pour la première année, 2016** (L'analyse complète des sols est en annexe.)

**En zone 1, site St-Pie\_Bio**, la classe texturale est un loam-limon-argile. Le sol contient 5,4 % de matière organique, 63 % de limon, 37 % d'argile et 0 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de luzerne de deux ans. Aucun amendement n'a été apporté durant la saison de culture.

**En zone 1, site St-Hyac\_Conv**, la classe texturale est également un loam-limon-argile avec 3,5 % de matière organique, 59 % de limon, 38 % d'argile et 3 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de soya de un an. Des amendements d'azote ont été apportés en saison de culture à raison de 87 kg/ha en pré semis, 57 kg/ha au stade Z29 et 37 kg/ha au stade Z39 pour un total de 181 kg/ha. Le régulateur de croissance Manipulator<sup>MD</sup> (chlorméquat closure 620 g/L, 1,2-benzisothiazolin-3-one) a été appliqué au stade Z29 à raison de 1,8 l/ha. Le fongicide Folicure<sup>MD</sup> (Tébuconazole 250 g/l) a été appliqué à Z39 à raison de 500 ml/ha. Un second fongicide, le Prosaro<sup>MD</sup> (Prothioconazole 125 g/L Tébuconazole 125 g/L), a aussi été appliqué à raison de 800 ml/ha au stade Z59.

**En zone 2, site Nico\_Conv** la classe texturale est un loam sableux. Le sol contient 6,1 % de matière organique, 18 % de limon, 10 % d'argile et 72 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de soya d'un an. Des amendements d'azote ont été apportés en saison de culture à raison de 87 kg/ha en présemis, 57 kg/ha au stade Z29 et 37 kg/ha au stade Z39 pour un total de 181 kg/ha. Le régulateur de croissance Manipulator<sup>MD</sup> (chlorméquat closure 620 g/L, 1.2-

benzisothiazolin-3-one) a été appliqué au stade Z29 à raison de 1,8 L/ha. Le fongicide Folicure<sup>MD</sup> (Tébuconazole 250 g/L) a été appliqué à Z39 à raison de 500 ml/ha. Un second fongicide, le Prosaro<sup>MD</sup> (Prothioconazole 125 g/L Tébuconazole 125 g/L), a aussi été appliqué à raison de 800 ml/ha au stade Z59.

En **zone 2, site Nico\_Bio** la classe texturale est un loam. Le sol contient 4,1 % de matière organique, 27 % de limon, 24 % d'argile et 49 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de soya d'un an. L'agriculteur a épandu 8 m<sup>3</sup> au printemps. Cela équivaut à 69 kg/ha de N, 46 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 36,9 kg/ha K<sub>2</sub>O. Aucun amendement n'a été apporté durant la saison de culture. Tant à l'automne qu'au printemps les sols ont été travaillés avec un vibro pour réduire les mottes et égaliser le lit de semence.

À l'été de 2017, le Major et le Fuzion ont été cultivés dans la région de Nicolet (zone 2) et la région de Saint-Hyacinthe (zone 1). Dans chacune de ces deux régions, deux terrains situés à proximité l'un de l'autre et présentant des conditions édaphiques et climatiques similaires ont été utilisés pour réaliser cette expérience, l'un propice à l'agriculture biologique, l'autre à l'agriculture conventionnelle. Pour la zone 1 à Saint-Hyacinthe, le champ est situé chez le même producteur en agriculture biologique à quelques mètres de celui de l'année 2016. Le champ en agriculture conventionnelle était situé à quelques kilomètres de celui de l'année 2016. En zone 2, à Nicolet en agriculture biologique, le champ était situé à quelques kilomètres de celui de 2016. Il en va de même en agriculture conventionnelle.

En zone 1, dans la région de Saint-Hyacinthe, le terrain en agriculture biologique, nommé St-Pie\_Bio., était situé à Saint-Pie, aux coordonnées GPS : 45.537165, -72 926 824. Le terrain en agriculture conventionnelle, nommé St-Hyac\_Conv, était situé aux coordonnées GPS : 45 824 494, -72 839 816.

En zone 2, dans la région de Nicolet, le terrain propice à l'agriculture conventionnelle, nommé Nico\_Conv., était situé aux coordonnées GPS : 45 557 022 8,-73 570 427 8. Le terrain propice à l'agriculture biologique, nommé Nico\_Bio, était situé à Nicolet aux coordonnées GPS : 46 186 818, -72 611 952.

### **Caractéristiques des sols pour la deuxième année 2017,**

En **zone 1, site St-Pie\_Bio** la classe texturale est un loam-limon-argile. Le sol contient 5,4 % de matière organique, 63 % de limon, 37 % d'argile et 0 % de sable. Le blé a été semé sur un

précédent de luzerne de deux ans. Aucun amendement n'a été apporté durant la saison de culture.

En **zone 1, site St-Hyac\_Conv**, la classe texturale est un loam-limon-argile. Le sol contient 4,5 % de matière organique, 59 % de limon, 41 % d'argile et 0 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de soya d'un an. Des amendements d'azote ont été apportés en saison de culture à Z30 à raison de 111 kg/ha de 27-0-0 soit 30 unités d'azote.

En **zone 2, site de Nico\_Conv**, la classe texturale est un loam sableux. Le sol contient 6,1 % de matière organique, 18 % de limon, 10 % d'argile et 72 % de sable. Le blé a été semé sur un précédent de soya. Un amendement de 220 kg/ha de 23.4-9.3-0 en présemis a été incorporé au printemps et 100 kg/ha d'urée 46-0-0 durant la saison à Z20 (tallage).

En **zone 2, site de Nico\_Bio** la classe texturale est un loam sableux avec un précédent de soya. Le sol contient 4,4 % de matière organique, 10 % de limon, 18 % d'argile et 72 % de sable. Des amendements de fumier de vache ont été apportés en automne, d'une valeur de 55,86 kg N/ha, 53,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 63 kg K<sub>2</sub>O/ha, et au printemps, d'une valeur de 16,76 kg N/ha, de 21,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha et de 37,1 kg K<sub>2</sub>O/ha.

**Tableau II — Résumé de l'analyse des sols pour Saint-Hyacinthe et Nicolet pour les années 2016 et 2017. Les analyses complètes sont en annexe.**

	St-Pie Bio 2016-2017	Nico Bio 2016	St-Hyac Conv 2016	St-Hyac Conv 2017	Nico Conv 2016	Nico Bio 2017
Laboratoire	Géosol	Géosol	Géosol	Géosol	Géosol	Agrolab
pH eau	6,8	7,4	7,8	6,8	6,7	6,8
pH tampon	7,1	7,5	7,5	7	7	7
MO %	5,4	4,1	3,5	4,5	6,1	4,4
P kg/ha	265	477	211	208	367	47
K kg/ha	934	916	1170	875	398	128
Ca kg/ha	8000	7600	8200	6048	4200	3978
Mg kg/ha	894	736	1370	1270	188	278
CEC	23,25	21,8	25,7	na	11,5	14,6
Al ppm	902	749	866	929	1130	795
Cu ppm	7,5	6	11,8	7,09	3,9	1
Mn ppm	18	24	53	18,2	8	6,8
Zn ppm	7,1	8,7	3,9	10,58	3,8	1,28
B ppm	0,89	0,94	0,91	0,69	0,53	0,39
Fe ppm	417	407	264	292	291	123
Ind fertilité	86	84	76	na	88	na

### Première année, 2016

Sur chacun des quatre sites (deux dans la région de Nicolet en zone 2, deux dans la région de Saint-Hyacinthe en zone 1), un dispositif aléatoire en bloc complet, mesurant 57 mètres de

long sur 4 mètres de large, a été établi. Chaque dispositif comportait huit blocs, chaque bloc étant divisé en deux parcelles chacune étant semée aléatoirement avec un ou l'autre des cultivars. Les parcelles mesuraient 1,5 m sur 6,5 m. Elles ont été semées avec un semoir à cône rotatif à un taux de 550 grains au mètre carré, à raison d'un rang aux 17,80 cm (7 pouces). Un plan détaillé se trouve en annexe.

Chaque parcelle était espacée de 0,5 mètre l'une de l'autre, et chaque bloc était espacé de un mètre. L'ensemble de chacun des sites était entouré d'une bande non cultivée de 0,5 mètre. Les bandes non cultivées ont été désherbées mécaniquement durant la saison. La profondeur de semis a été uniforme entre 2,54 cm et 3,8 cm. La date de semis est le 5 mai à Saint-Hyacinthe et le 6 mai à Nicolet. Pour les sites en agriculture conventionnelles, les herbicides Eragon LQ<sup>MD</sup> ont été appliqués en prélevée, le Buctril<sup>MD</sup> au stade Z15 et le Puma advence<sup>MD</sup> au stade Z30). Pour les sites en agriculture biologique, un peigne mécanique a été passé au stade Z10. Un désherbage manuel et à la pioche a été effectué au stade Z20, Z30, Z50.

### **Deuxième année, 2017**

Sur chacun des quatre sites (deux dans la région de Nicolet en zone 2, deux dans la région de Saint-Hyacinthe en zone 1), un dispositif aléatoire (53 mètres de long sur 10 mètres de large) en bloc complet, similaire à celui décrit ci-dessus, a été établi, qui comportait les deux cultivars de blé dans des parcelles mesurant 4,5 m sur 6,5 m. Les parcelles ont été semées avec un semoir à céréale à disque à un taux de 550 grains au mètre carré, à raison d'un rang aux 10 cm (4 pouces). Les sites St-Pie\_Bio et Nico\_Bio, et les sites St-Hyac\_Conv et Nico\_Conv en régie conventionnelle, comprenaient 8 blocs contenant une parcelle de blé du cultivar Major et une parcelle de blé du cultivar Fuzion. Au sein des blocs, chaque parcelle était espacée de 0,5 mètre l'une de l'autre, et chaque bloc était espacé de 1 mètre. L'ensemble de chacun des sites était entouré d'une bande non cultivée de 0,5 mètre. Les bandes non cultivées ont été désherbées mécaniquement durant la saison. Pour les sites en agriculture biologique, un peigne mécanique a été passé au stade Z10. Un désherbage manuel et à la pioche a été effectué au stade Z20, Z30, Z50. La date de semis est le 9 mai à Saint-Hyacinthe et le 10 mai à Nicolet.

### **Échantillonnage**

En évitant les rangs de bordure, les évaluations de la levée (au stade Z10) et du tallage (au stade Z22) ont été faites dans chaque parcelle sur un mètre de la manière suivante : 1)

dénombrement en une seule fois du nombre de plants pour la levée et 2) dénombrement en une seule fois du nombre de talles par plan pour le tallage, choisie aléatoirement. Le pourcentage de couverture des adventices a été évalué au début de l'épiaison du blé (stade Z50) a été calculée d'après la couverture à l'intérieur d'un quadrat choisi au hasard dans chacune des parcelles. Les adventices ont été identifiées avec Doucet (2013), et Frère Marie-Victorin et Rouleau (2002). Six mesures ont été prises pour évaluer le rendement en grain et leur qualité telle que définie précédemment. Les parcelles ont été récoltées en totalité pour les deux années. Ces mesures sont : 1) le poids au mètre carré (ramené à l'hectare); 2) le poids spécifique (poids à l'hectolitre); 3) le poids de 1000 grains; 4) l'indice de chute; 5) le taux de désoxynivalénol (DON) et 6) le taux de protéines. Ces six mesures ont été effectuées sous la supervision et l'autorité du laboratoire des Moulins de Soulanges et de La Milanaise. On a obtenu le poids de la récolte en pesant le blé criblé pour chacune des parcelles sur une balance standardisée (Mesures Canada). Pour le poids de 1000 grains, le décompte des 1000 grains a été obtenu à l'aide de l'appareil Agriculex ESC-1 *Electronic Seed Counter* et leur poids par la même balance que celle utilisée pour évaluer le rendement en grains portant le sceau d'un organisme accrédité par Mesure Canada. Le poids à l'hectolitre a été obtenu selon la technique de la Commission canadienne des grains (2018 b). L'indice de chute a été déterminé selon la méthode no 56-81.03 de l'AACCI (2018). Le blé (échantillon de 300 grammes) a été moulu dans un moulin de laboratoire *Falling Number* de type 3100, selon la méthode normalisée n° 107 de l'*International Components Corporation*. L'analyse de l'indice de chute (fnt-dic-fra.htm) sert à évaluer l'ampleur des dommages causés par la germination dans les blés canadiens. L'alpha-amylase est une enzyme que l'on trouve dans le blé germé. Si la germination se produit, on remarque une augmentation prononcée de cette enzyme. La bouillie est placée dans deux éprouvettes dans laquelle est agitée une tige d'acier. Les éprouvettes sont trempées dans de l'eau à 100 C. Le nombre de secondes que prend la tige pour tomber détermine la dégradation du gluten et la présence de l'alpha-amylase (Commission canadienne du grain, 2018). Le niveau de désoxynivalénol (DON) a été obtenu avec un test immunochromatographique Reveal<sup>®</sup> Q+ de Neogen de format bandelette en une seule étape. L'extrait de l'échantillon est prélevé à travers le tampon de réactif sur la bandelette de test, qui contient des anticorps spécifiques à la toxine. Ces kits produisent à la fois une ligne de test et une ligne témoin en fonction de la quantité de toxine présente dans l'échantillon. Le résultat

est en ppm ou ppb lu sur un lecteur AccuScan. La plage de lecture est de 0,3-0,6 ppm. Validation GIPSA 2012-018.

### **Analyses statistiques**

Les données de chacune des années ont été analysées à l'aide de deux méthodes : l'analyse de variance (ANOVA) multivariée par analyse de redondance (MANOVA par RDA ; Borcard et coll., 2018 : 238) et l'arbre de régression multivariée (Borcard et coll., 2018).

L'analyse de redondance est une régression multiple multivariée dans laquelle chaque variable réponse est soumise à une régression multiple, et l'ensemble des valeurs ajustées est soumis à une analyse en composantes principales (*principal component analysis*, PCA; Borcard et coll., 2018 : 153). Lorsque les variables explicatives sont des facteurs, on réalise l'équivalent d'une MANOVA, mais sans la contrainte de multinormalité des résidus, car les tests statistiques sont réalisés par permutations. Seule l'homogénéité des dispersions intragroupes est requise. Avantage supplémentaire, les résultats peuvent être illustrés graphiquement par des diagrammes de dispersion montrant conjointement les observations, les variables réponses et les variables explicatives.

L'arbre de régression multivariée consiste en un partitionnement récursif des données réponses à l'aide d'une ou plusieurs variables explicatives quantitatives ou de facteurs. Une telle procédure est parfois désignée comme un groupement sous contrainte. Chaque étape de la partition est déterminée par une valeur seuil (variable explicative quantitative) ou un niveau (facteur) et minimise la dispersion intragroupe des sous-ensembles constitués. L'ensemble est soumis à une procédure de validation croisée pour déterminer le nombre de sous-groupes le plus informatif.

## **Résultats**

### **Le climat**

#### **Températures et précipitations pour 2016 et 2017**

Le risque d'infection de l'épi *Fusarium* spp est étroitement associé aux conditions météorologiques présentes au moment de l'épiaison et de la floraison. Ce sont les stades Z50 à Z69. Pour le blé de printemps, ces stades se situent entre le 15 juin et le 15 juillet. Nous présentons les données météo du premier juin au 15 juillet pour avoir une image plus juste de l'ensemble de la saison de culture.



À **Saint-Hyacinthe** du premier juin au 15 juillet **2016**, la température maximum moyenne fut de 25,4 °C et la température minimum moyenne fut de 13,8 °C. Il y a eu 30 jours à plus de 25 °C. La moyenne des températures maximales des 10 dernières années pour cette même période est de 24,3 °C, et celle des températures minimales est de 15,8 °C. Il est tombé 190,8 mm de pluie principalement en trois coups d'eau totalisant 113,2 mm à eux seuls. Il y a eu 24 jours sans précipitation. Les deux figures suivantes permettent de comparer les températures et les précipitations pour cette période.

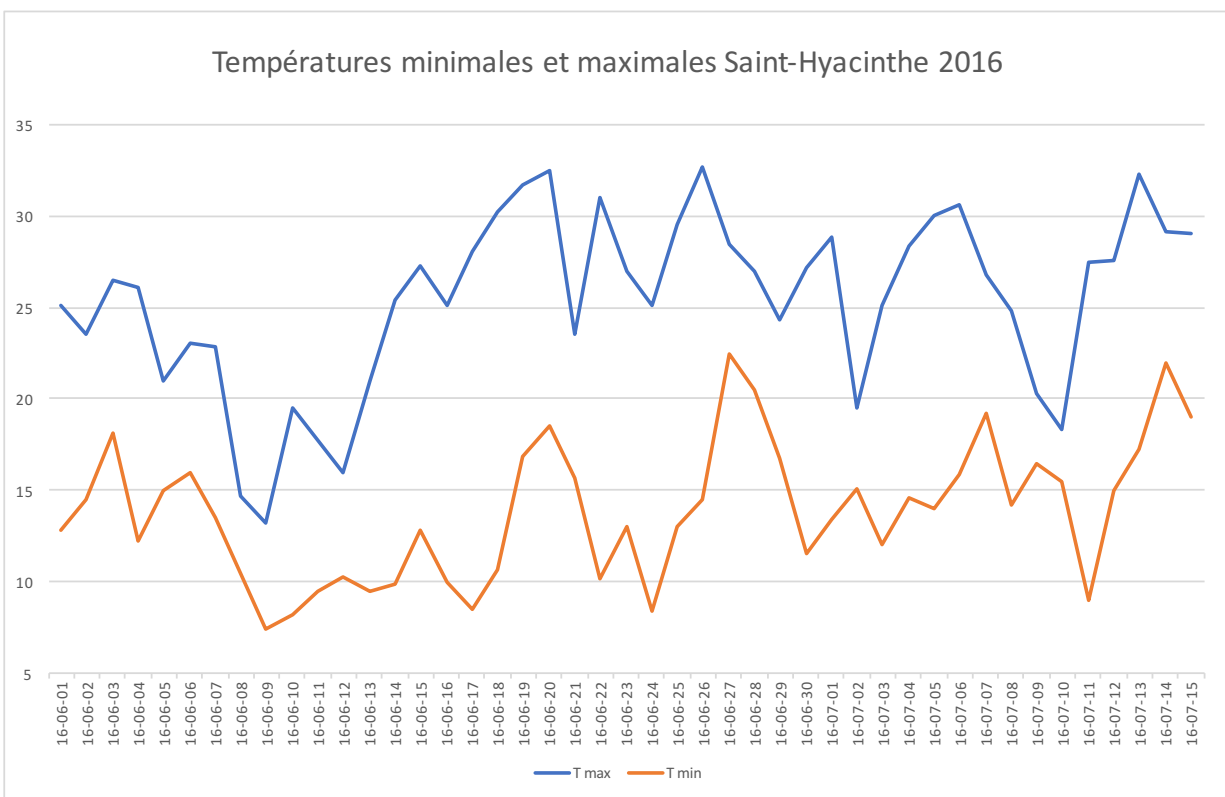


Figure 1, températures du 1er juin au 15 juillet 2016 à Saint-Hyacinthe. Environnement et ressources naturelles (2018)

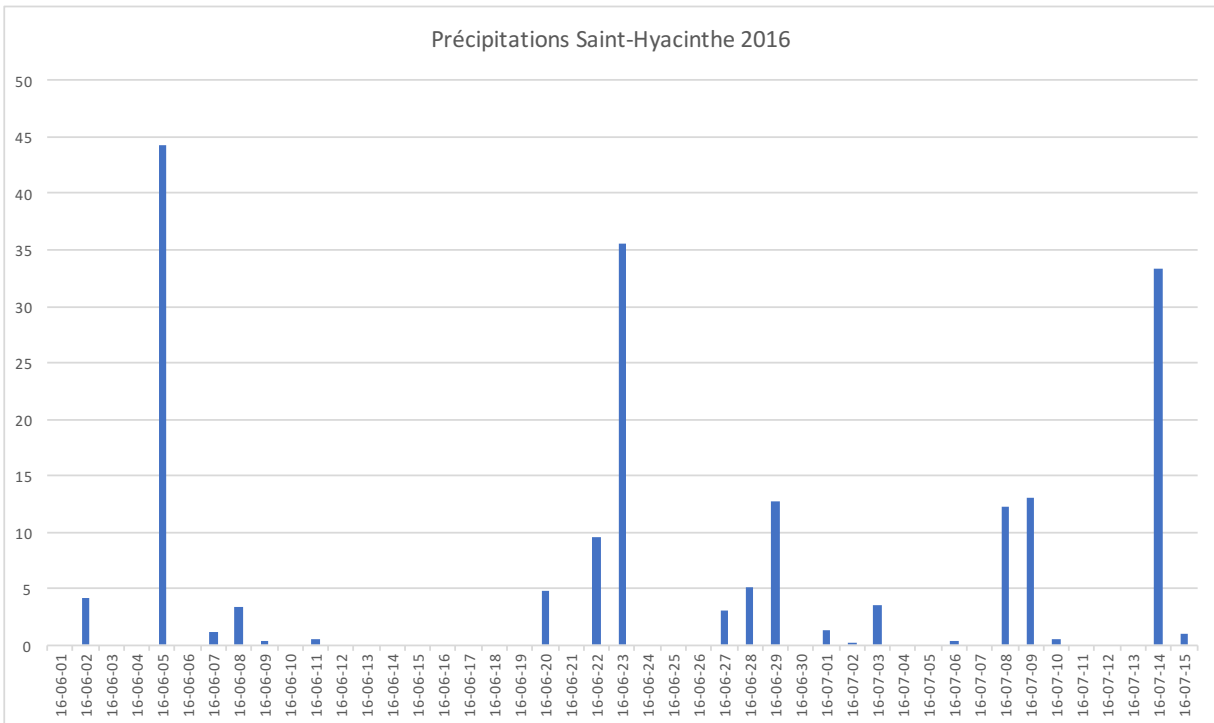


Figure 2, Précipitations pour la période du 1er juin au 15 juillet 2016 à Saint-Hyacinthe Environnement et ressources naturelles (2018)

À **Saint-Hyacinthe** du premier juin au 15 juillet **2017**, la température maximale moyenne est de 23,8 °C soit de 1,6 °C degrés sous la moyenne de l'année 2016. La température minimale moyenne a été de 14 °C, ce qui se situe très près de la moyenne de l'année 2016. Il y a eu 14 jours au-dessus de 25 °C. Le total de précipitations a été de 150,5 mm, soit 40,3 mm de moins qu'en 2016. Cependant les précipitations se répartissent tout au long de la période et non en coups d'eau importants. Il y a eu 19 jours sans pluie en comparaison à 24 en 2016. Les deux figures suivantes permettent de comparer les températures et les précipitations pour cette période.

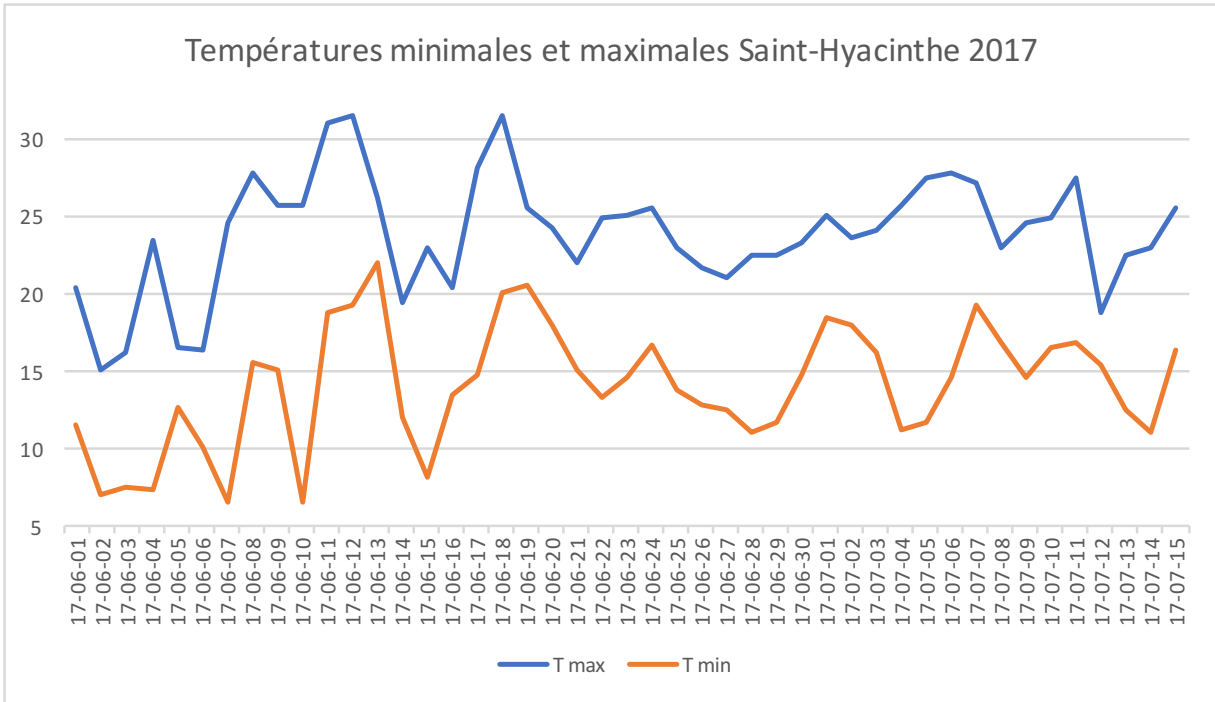


Figure 3, Températures du premier juin au 15 juillet 2017 à Saint-Hyacinthe, Environnement et ressources naturelles (2018)

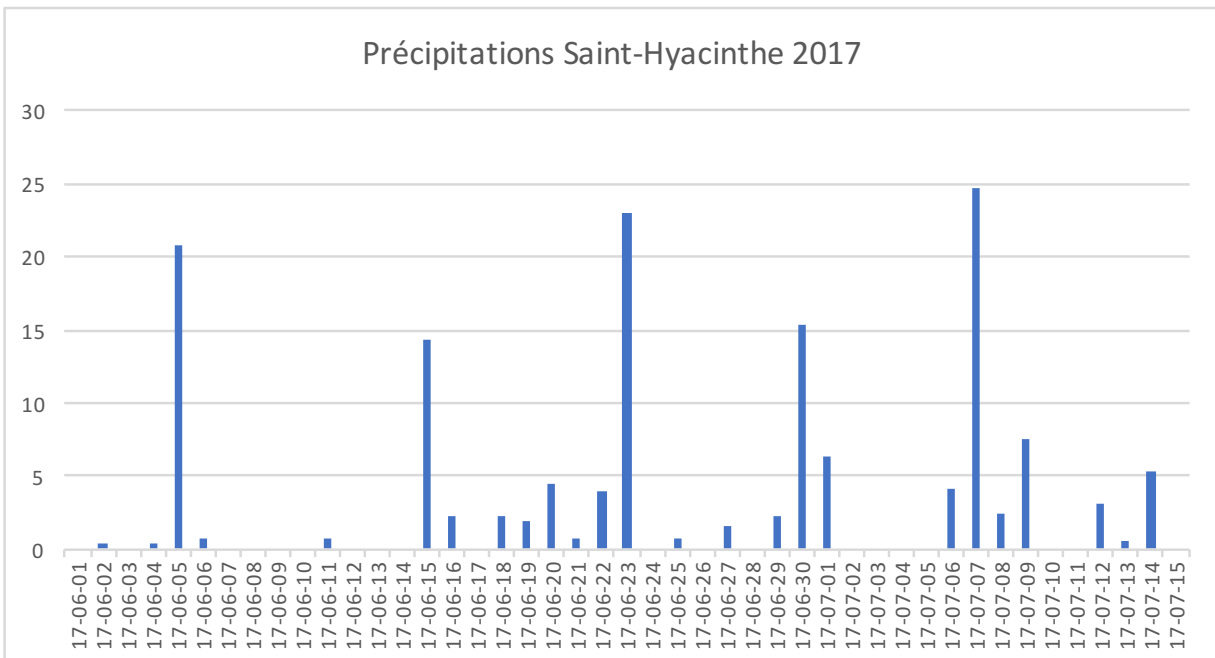


Figure 4, Précipitations du premier juin au 15 juillet 2017 à Saint-Hyacinthe, Environnement Canada (2018)

Pour la même période à Nicolet en 2016, la moyenne des températures maximum fut de 24,3 °C et des minima de 12,9 °C. La température maximum moyenne des 10 dernières années

est de 23,3 °C avec 20 jours à plus de 25 °C. alors que la température minimum moyenne est de 14,71 °C. Le total des précipitations fut de 239,2 mm de pluie. Pour un total de 23 jours sans pluie. Les deux figures suivantes permettent de comparer les températures et les précipitations pour cette période.

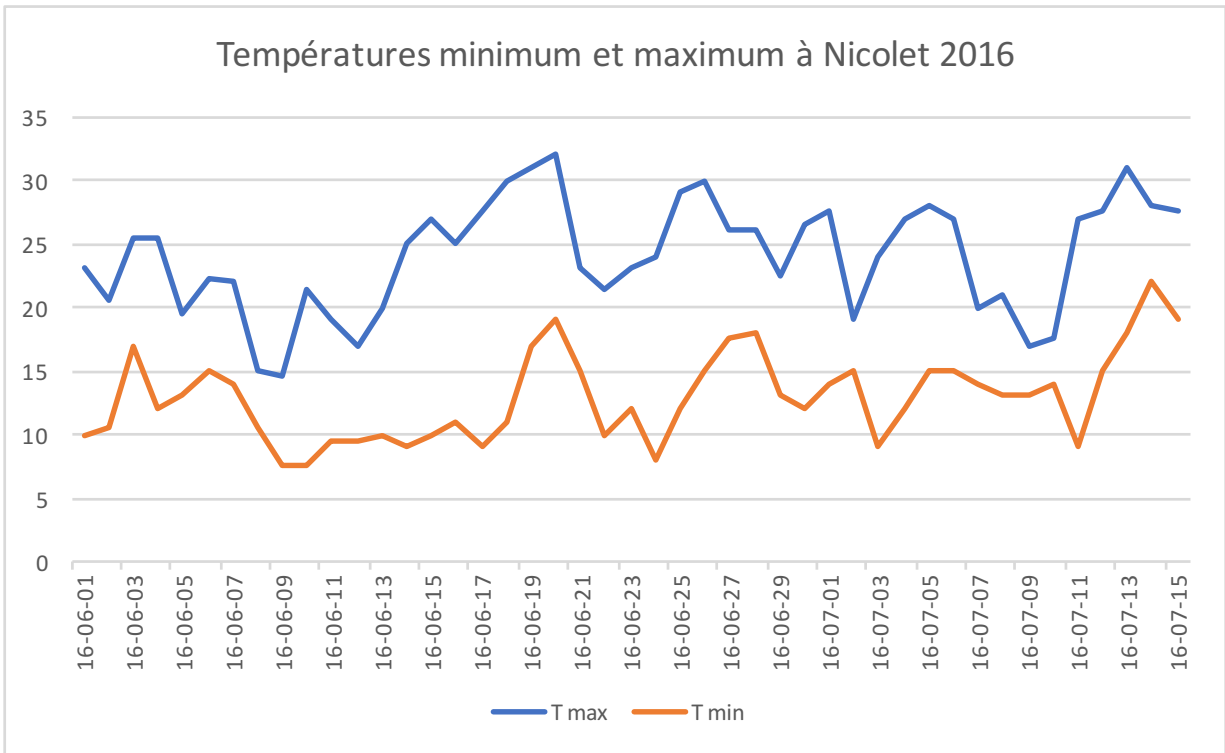


Figure 5, Températures du premier juin au 15 juillet 2016 à Nicolet, Environnement et ressources naturelles 2018

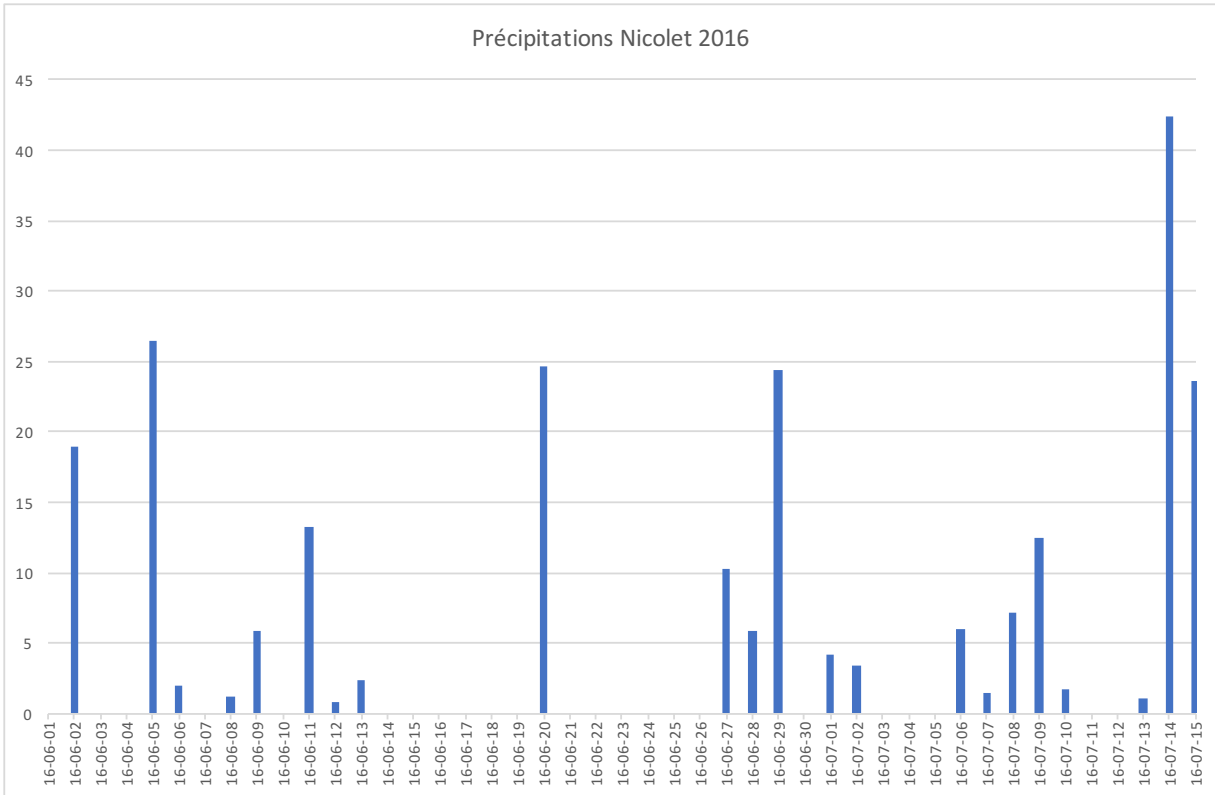


Figure 6, Précipitations du premier juin au 15 juillet 2016 à Nicolet, Environnement et ressources naturelles (2018)

À Nicolet du premier juin au 15 juillet 2017, la température maximum moyenne fut de 24 °C et la température minimum moyenne fut de 13,8 °C tout près des mesures de 2016 avec 14 jours au-dessus des 25°C. Les précipitations ont été de l'ordre de 239,2 mm pour 21 jours sans précipitation soit deux de moins qu'en 2016.

Les deux figures suivantes permettent de comparer les températures et les précipitations pour cette période.

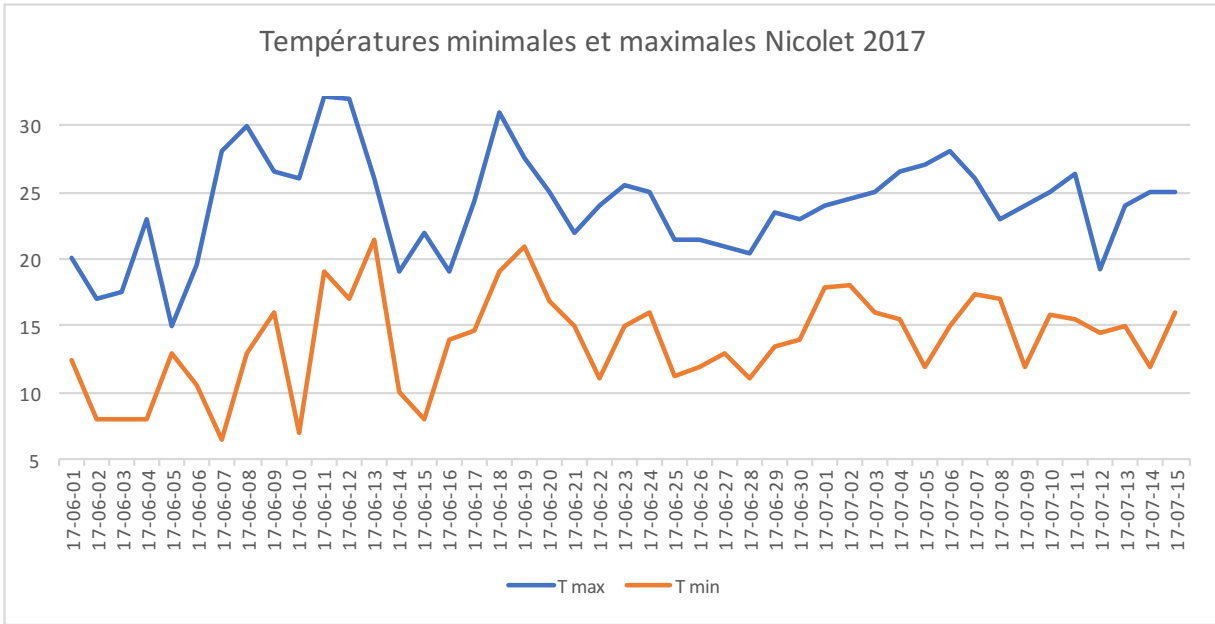


Figure 7, Températures du premier juin au 15 juillet 2017 à Nicolet, Environnement et ressources naturelles (2018)

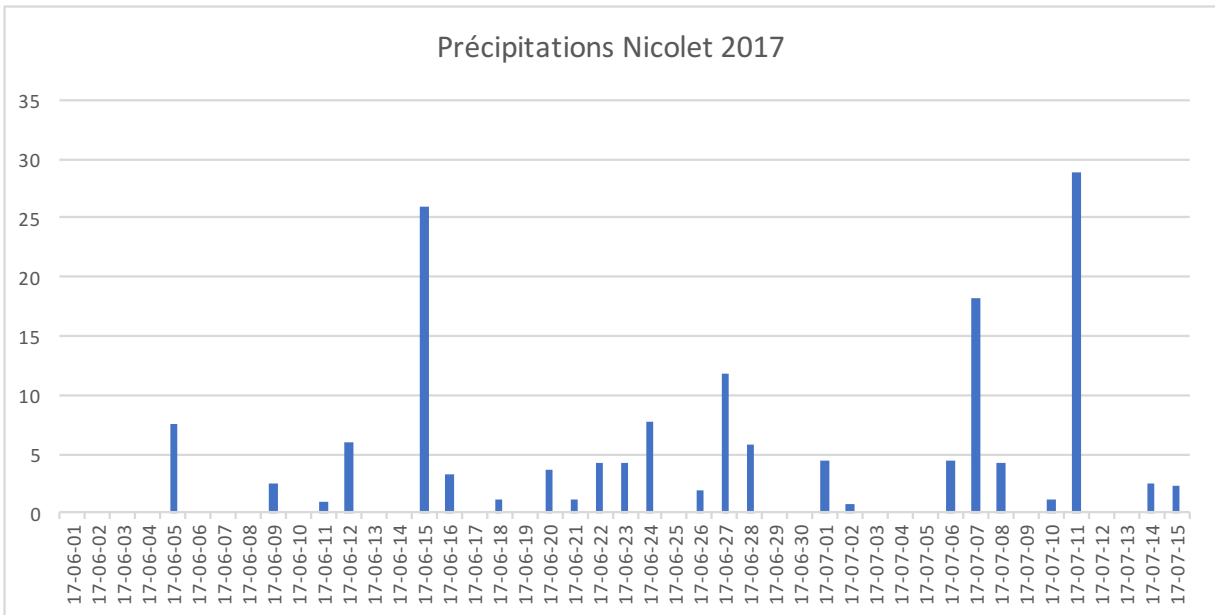


Figure 8, Précipitations du premier juin au 15 juillet 2017 à Nicolet, Environnement et ressources naturelles (2018)

## Récoltes

### *Pour l'année 2016*

Le taux de levée a été en moyenne de 422 plants au mètre carré. Le cultivar Major, peu importe les sites et les conditions, a atteint le stade Z23, donc 3 talles, et parfois 4 talles avant la montaison à Z30. Ce n'est pas le cas du cultivar Fuzion qui n'a jamais plus de 2 talles et parfois une seule (Z22) avant la montaison au stade Z30 sur tous les sites.

Pour les adventices, en 2016, les sites en agriculture conventionnelle en zone 1 et en zone 2 ont eu une couverture d'adventice à l'intérieur et autour des parcelles ne dépassant pas les 10 %. La couverture des adventices était pour la plupart constituée d'*E. arvense* L. (prêle des champs) et de *Setaria viridis* (L.) P.Beauv. (sétaire verte), *Portulaca oleracea* L. (Pourpier potager).

Pour le site en agriculture biologique en zone 1, à Saint-Hyacinthe, la couverture d'adventice n'a pas dépassé 15 % et était constituée d'*Arctium lappa* L. (grande bardane), d'*E. arvense* (prêle des champs) et de *Cirsium arvense* L. (chardon des champs). Pour le site Nico\_Bio en zone 2, la couverture par les adventices a dépassé 99 %. Elle était constituée de *Setaria faberii* Herm. (sétaires géantes), de *Setaria viridis* (sétaire verte) et de *Brassica arvensis* L. (moutarde des champs). Ces mauvaises herbes se trouvaient non seulement entre les rangs et entre les parcelles, mais aussi dans les rangs. La prolifération des adventices n'a pu être maîtrisée toute la saison.

Nous avons réalisé une RDA avec pour variables explicatives les trois facteurs Site (4 niveaux), Agric (2 niveaux) et Cultivar (2 niveaux). L'analyse explique 66,3 % de la variance des données ( $R^2$  ajusté), dont 33,0 % sur l'axe 1 et 10,5 % sur l'axe 2 (Figure 9). L'axe 1 peut être vu comme un axe de rendement : les trois variables Pspec, Pds1000g et Pds.tot pointent presque à l'horizontale et vers la droite, où se situent leurs plus grandes valeurs. L'axe 1 sépare le site Nico\_Bio des autres. Ce site a produit moins que les autres. Ajoutons que sur ce site, le cultivar Fuzion (carrés rouges) a eu un rendement moins élevé que le cultivar Major (carrés verts). Le site St-Pie\_Bio a produit autant que les deux sites en agriculture conventionnelle (St-Hyac\_Conv et Nico\_Conv).

Le site St-Hyac\_Conv se distingue par des valeurs plus élevées de résidus (variable pds.res). Dans ce site, on remarque aussi que le cultivar Major (cercles verts) a une performance légèrement supérieure à celle de Fuzion (cercles rouges). La variable poids de résidus se

comporte indépendamment des trois autres (Figure 9) : elle pointe vers le bas, donnant son sens à l'axe 2. Les parcelles des sites de Nico\_Conv et St-Pie\_Bio sont nettement plus homogènes que les autres (les points représentant les parcelles sont moins dispersés dans la figure). Nico\_Conv semble avoir légèrement moins de résidus que St-Pie\_Bio. Pour ces deux stations, les performances des deux cultivars sont semblables (triangles verts et rouges, ou losanges verts et rouges, confondus).

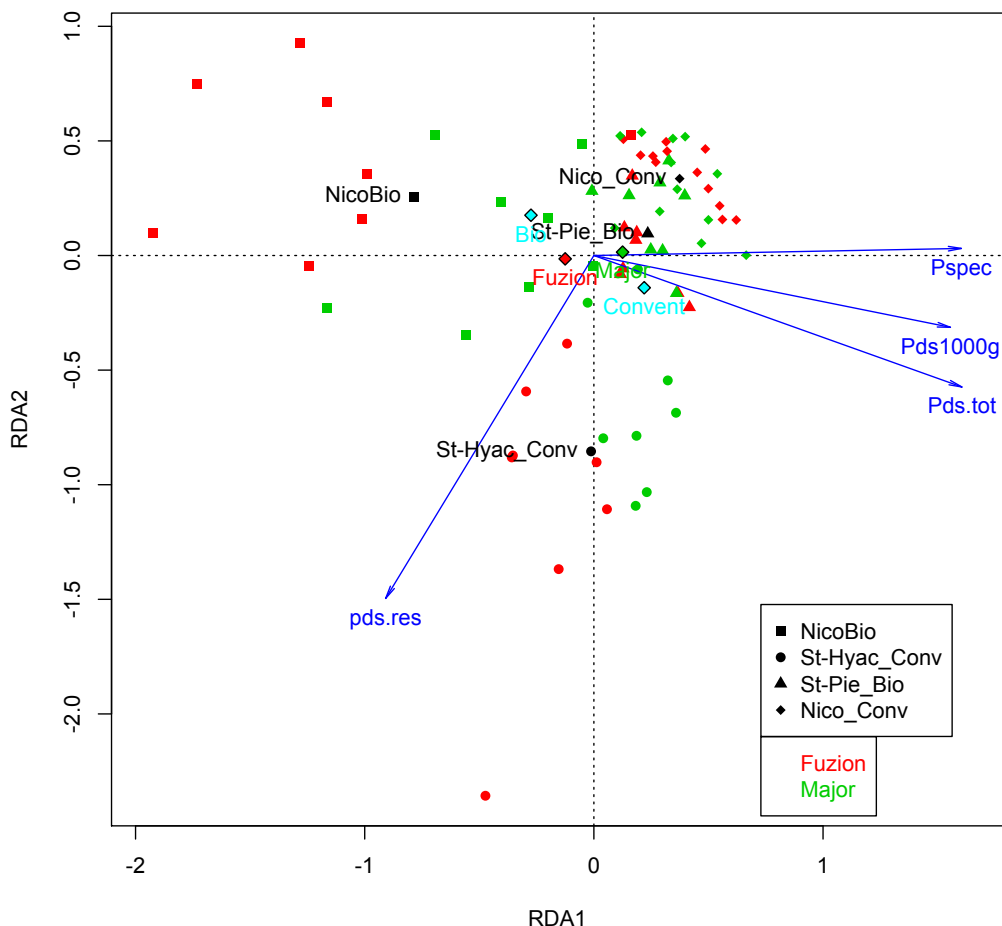


Figure 9. Résultats de l'année 2016, Plan 1x2 d'une analyse de variance multivariée par analyse de redondance (MANOVA par RDA) des données (centrées-réduites) des quatre sites. Les variables explicatives sont les facteurs « Site » (NicoBio, St-Hyac\_Conv, St-Pie\_Bio, Nico\_Conv), « Agric » (conventionnel et bio) et « Cultivar » (Fuzion, Major). Nous avons utilisé toutes les variables réponses. Pour pouvoir intégrer la variable à 1 000 grains dans le reste de la figure, nous avons fait des moyennes sur les quatre réplicats. Toutes les variables ont été centrées réduites pour neutraliser l'effet des unités de mesure. Les flèches bleues des variables explicatives pointent dans la direction de leurs plus grandes valeurs.

Le tableau III présente les résultats pour l'analyse de rendement et de farine par cultivar, et par site. Il permet de mieux constater que le DON est nul dans toutes les parcelles pour tous les cultivars. Le Glutopeak et le pourcentage de protéines de tous les cultivars pour tous les sites



sont assez semblables. Seul le Glutopeak du cultivar Fuzion du site St-Pie\_Bio est inférieur aux autres. Il en va de même pour le poids spécifique en kg/hl du Fuzion à Nico\_Bio, qui est le plus bas du tableau. L'indice de chute pour le Major est toujours au-dessus de 250 et seul le Fuzion a un indice de chute sous 250 à deux reprises, soit au site Nico\_Bio et St-Hyac\_Conv. Les taux de protéines que l'on peut voir au tableau III sont au-dessus de 13 % pour tous les cultivars sur tous les sites. Les rendements en kg/ha en agriculture conventionnelle sont toujours supérieurs au biologique, sauf pour le Major à Nico\_Bio qui présente un rendement équivalent en agriculture conventionnelle de la même région.

**Tableau III — Résultats des analyses de farine et du grain pour l'année 2016**

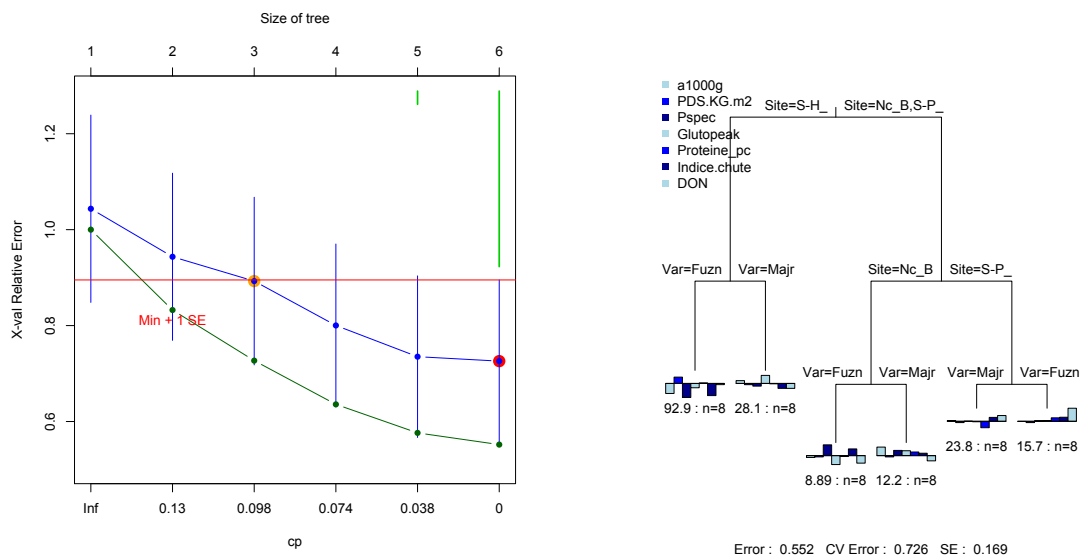
Sites	St-Pie Bio	St-Pie Bio	Nico Bio	Nico Bio	St-Hyac Conv	St-Hyac Conv	Nico Conv	Nico Conv
<b>Cultivars</b>	Major	Fuzion	Major	Fuzion	Major	Fuzion	Major	Fuzion
<b>Protéines</b>	14,13	14,33	14,52	15,96	14,1	15,25	14,42	14,81
<b>Indice de chute</b>	278	233	374	367	306	246	376	373
<b>Glutopeak (BEM)</b>	69	27	69	65	71	67	63	66
<b>DON</b>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Poids spécifique (hectolitre) kg1hl</b>	81,3	80,26	78,1	71,4	79,7	77	80,2	79,9
<b>Poids (kg/ha)</b>	3593,26	3625,45	4103,29	1826,76	4388,00	3955,64	4103,37	4256,10

*Pour l'année 2017*

À la suite des inondations très importantes du printemps 2017 dans la région de Nicolet, le site Nico\_Conv a gardé une nappe phréatique très élevée. Le début de la saison de culture a été retardé. Cependant, bien que le sol semblât avoir ressuyé les surplus d'eau, la croissance des plans a été limitée au point que ceux-ci n'ont pas dépassé 15 cm. Nous n'avons aucune donnée pour ce site. Au stade Z 10 un problème de fonte des semis a été constaté à St-Hyac\_conv. Les analyses de sol ont montré la présence de *C. sativus* (fonte des semis).

La MANOVA par RDA envisagée pour l'ensemble des sites sur les résultats de 2017 n'a pas pu être réalisée en raison de l'hétérogénéité des dispersions intragroupes (le problème venait du site St-Hyac\_Conv). Nous avons eu recours, à la place, à un arbre de régression multivariable (figure 10). Cette approche, quoique différente puisqu'appartenant au monde du groupement, permet néanmoins d'identifier et de tester quels sont les déterminants principaux qui structurent les données réponses. Les données réponses sont les descripteurs quantitatifs des récoltes (a1000g, PDS.KG.m2, Pspec, Glutopeak, Proteine\_pc, indice.chute, DON) et nos

variables explicatives sont qualitatives : les facteurs « site » et « Cultivar ». Le partitionnement séquentiel a donné le résultat suivant (Figure 10) :



**Figure 10. Résultat de la MRT de l'ensemble des données centrées réduites de l'année 2017.**

Dans la Figure 10, le graphe de gauche, issu de la validation croisée du résultat, montre que la solution à 6 groupes est la plus appropriée. Le graphe de droite donne un aperçu de la structure des données de chaque combinaison site-cultivar. Le partitionnement montre bien que la séparation St-Hyac\_Conv vs les autres sites domine la structure des variables réponses. On voit aussi que le site intervient toujours avant le cultivar (Var) pour partitionner les groupes.

Une condition d'application du test statistique associé à l'analyse de redondance (homogénéité des dispersions intragroupes) n'est pas remplie pour les trois sites pris ensemble, mais la RDA, utilisée ici en tant qu'outil descriptif, permet néanmoins de visualiser les relations entre les variables réponses et les descripteurs (figure 11). Pour les sites Nico\_Bio + St-Pie\_Bio, les données remplissent la condition fondamentale d'homogénéité des dispersions intragroupes pour une MANOVA par permutations, basée sur la RDA (Figure 12).

Comme durant l'année 2016, le cultivar Major a, peu importe les sites et les conditions, atteint le stade Z23, donc 3 talles, et parfois Z24 de 4 talles avant la montaison à Z30, ce qui n'est pas le cas du cultivar Fuzion, qui n'a jamais eu plus de 2 talles (Z22) avant la montaison au stade Z30 sur tous les sites.

Pour les adventices en 2017, le site en agriculture conventionnelle en zone 1 a eu une couverture d'adventice ne dépassant pas les 5 % à l'intérieur et autour des parcelles. La couverture des adventices était constituée d'*E. arvense* (prêle des champs) et de *S. viridis* (sétaire verte).

La couverture d'adventices différait au site St-Pie\_Bio en zone 1, car la couverture d'adventice n'a pas dépassé 10 % dans les parcelles. Par contre, entre les parcelles, elle fut plus forte, à 20 %. La couverture des adventices était constituée d'*E. arvense* (prêle des champs), *Sonchus oleraceus* (L.) (laiteron potager) et de *C. arvense* (chardon des champs). Pour le site Nico\_Bio en zone 2, la couverture par les adventices n'a pas dépassé 10 % elle aussi, mais leur répartition était différente. Elle était constituée de *Capsella bursa-pastoris* (L.) (bourse-à-pasteur) et de *Galinsoga quadriradiata* (Ruiz et Pav) (galinsoga) pour l'essentiel. Les mauvaises herbes se trouvaient dans les parcelles et entre celles-ci.

Le site de St-Pie\_Bio a davantage été atteint par la fusariose (DON) que les autres sites et s'en distingue nettement pour cet aspect, comme le montre la Figure 11. Le site St-Hyac\_Conv bénéficie d'une récolte en poids (kg/m<sup>2</sup>) supérieur à celle des autres sites, mais ces derniers (Nico\_Bio et St-Pie\_Bio) montrent un indice de chute, un poids de 1000 grains et un poids spécifique plus élevé. Les résultats de St-Hyac\_Conv sont beaucoup plus dispersés que ceux des autres sites (étalement des cercles). Ce dernier a connu une invasion de *C. sativus* (fonte des semis) dans 10 parcelles sur 16 en début de saison (Z10).

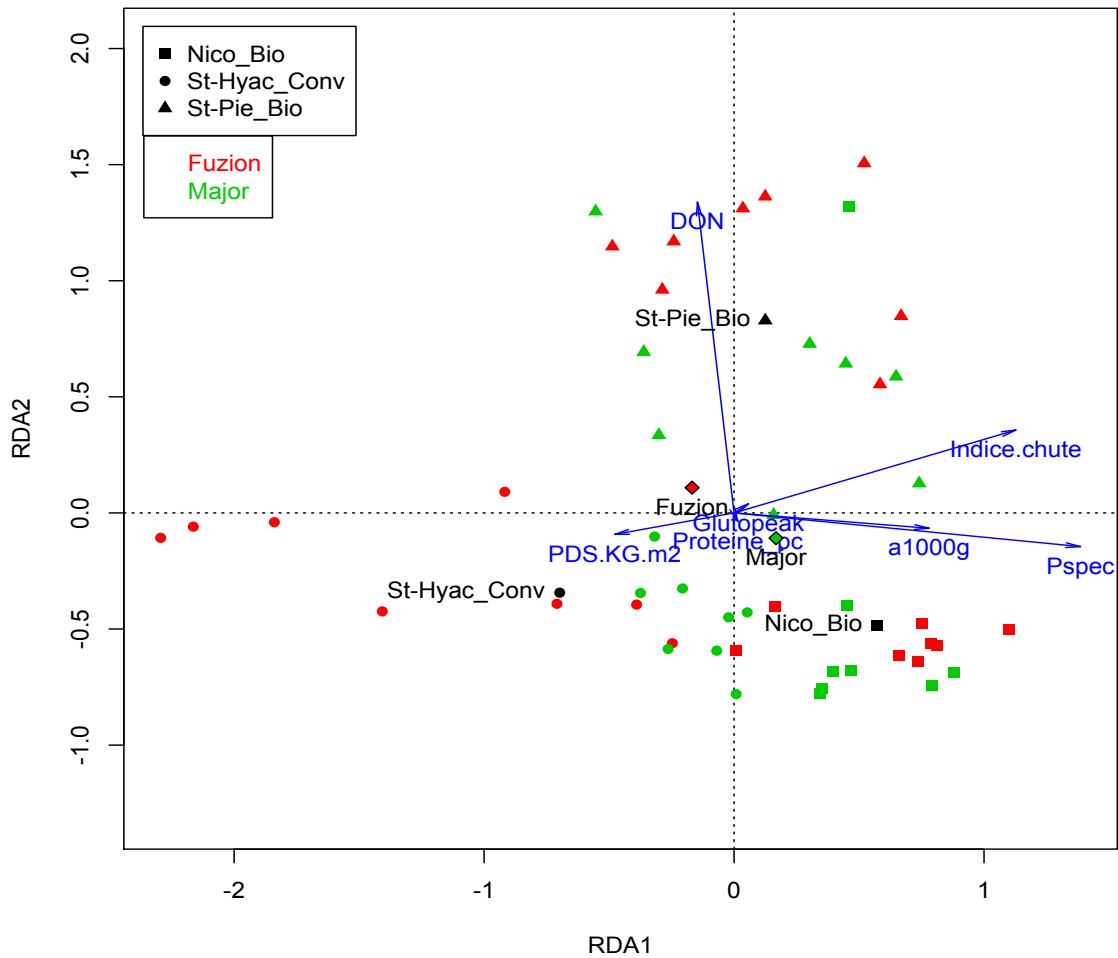


Figure 11. Résultats de l'année 2017. Axes 1 et 2 d'une analyse de variance multivariée par analyse de redondance (MANOVA par RDA) expliquant les variables réponses (flèches bleues) par les facteurs Site (Nico\_Bio, St-Hyac\_Conv et St-Pie\_Bio) et Cultivar (Fuzion et Major). Bien que l'interaction ait été prise en compte dans l'analyse, elle n'est pas représentée de manière explicite dans le dessin. On la déduit du fait que l'effet du cultivar n'est pas le même suivant le site. Bien que l'interaction ait été prise en compte dans l'analyse, elle n'est pas représentée de manière explicite dans le dessin. On la déduit du fait que l'effet du cultivar n'est pas le même suivant le site.

Comme on le voit dans le tableau IV, le Fuzion a l'indice de chute le plus bas, et ce au site St-Hyac\_Conv. Le Fuzion montre également le taux le plus bas pour le Glutopéak au site Nico\_Bio et à St-Hyac\_Conv. Par contre, il se caractérise par le poids spécifique le plus élevé à Nico\_Bio. Le Major obtient le rendement le plus optimal sur tous les sites en comparaison au Fuzion.

**Tableau IV — Résultats des analyses de rendement et de farine et du grain pour l'année 2017 pour chaque site et chaque cultivar**

Sites	St-Pie_Bio	St-Pie_Bio	Nico_Bio	Nico_Bio	St-Hyac_Conv	St-Hyac_Conv	Nico_Conv	Nico_Conv
Cultivar	Major	Fuzion	Major	Fuzion	Major	Fuzion	Major	Fuzion
Protéines (%)	12,01	13,16	13,18	12,45	12,71	12,81	na	na
Indice de chute	340,13	341	331,13	379	287,75	244,75	na	na
Glutopéak (BEM)	54,13	54,75	56,88	50	58,5	52,13	na	na
Poids 1 000 grains	36,4	36,1	37,6	35,8	36,7	34,5	na	na
DON	4,19	6,1	1,3	0,4	1,38	2,36	na	na
Poids spécifique (kg/ha)	77,53	77,65	79,04	80,69	76,69	73,3	na	na
Poids (kg/ha)	1899,27	1694,88	3321,81	3035,76	4987,02	4473,90	na	na

*Pour l'année 2017 pour Nico\_Bio et St-Pie\_Bio seulement*

Comme le montre le tableau V, l'interaction (Site : Cultivar) étant significative, il faut refaire des MANOVA séparées pour tester l'effet du cultivar isolément dans chacun des deux sites, et réciproquement. Les résultats sont présentés au tableau VI. On voit que l'effet des sites est significatif pour les deux cultivars. En revanche, l'effet du cultivar est significatif à Nico\_Bio, mais non à St-Pie\_Bio.

**Tableau V — Tableau d'ANOVA par analyse de redondance de l'analyse des résultats de l'année 2017 en bio expliquant les variables réponses de deux sites (St-Pie\_Bio x Nico\_Bio) par les deux facteurs Site et Cultivar, ainsi que leur interaction.**

	Degrés de liberté	Variations	F	Pr (>F)	
Site	1	57 979	14.4773	0,003	**
Cultivar	1	17 515	4.3734	0,005	**
Site : Cultivar	1	29 371	7.3339	0,003	**
Résidus	28	4 005	...	...	
Total	31	...	...	...	

Tableau VI — Résultats des MANOVA par analyse de redondance, séparées pour chacun des deux sites (effet du cultivar) et pour chacun des cultivars (effet du site), pour l'année 2017.

	Degrés de liberté	Variances	F	Pr (>F)	
<b>Nico_Bio</b>					
Cultivar	1	2.6955	8.7671	0,001	***
Résidus	14	0.3075			
<b>St-Pie_Bio</b>					
Cultivar	1	0.9464	2.1888	0,09	n.s.
Résidus	14	0.4324			
<b>Fuzion</b>					
Site	1	3.5137	14,11	0,001	***
Résidus	14	0.2490			
<b>Major</b>					
Site	1	2.4727	7.6463	0,001	***
Résidus	14	0.3234			

La Figure 12, qui montre le plan 1 × 2 de la MANOVA par RDA des sites Nico\_Bio et St-Pie\_Bio, montre bien la séparation entre les deux sites (23,0 % de la variance des données). On voit également que le DON a touché davantage St-Pie\_Bio que Nico\_Bio. Le tableau IV montre un niveau de 6,1 pour blé Fuzion au site St-Pie\_Bio. Les niveaux de DON pour le site de Nico\_Bio varient de 0,4 à 1,3. La figure 12 (tableau IV) illustre que le site de Nico\_Bio se caractérise par des valeurs plus élevées pour le poids spécifique (Pspec) (79,04 et 80,69). Les autres descripteurs de qualité ne se distinguent pas d'un site à l'autre. Le blé Major à St-Hyac\_Conv obtient le rendement le plus élevé en kilogramme à l'hectare parmi tous les sites.

Le tableau IV et la figure 12 montrent que pour le site Nico\_Bio, le cultivar Fuzion se caractérise par un meilleur indice de chute, alors que le cultivar Major est caractérisé par des valeurs plus élevées des variables de Glutopéak, de protéines (protéine\_pc) et du poids de 1 000 grains (a1000g). Remarquons que les deux cultivars ont des performances similaires en termes de poids total et spécifique par site.

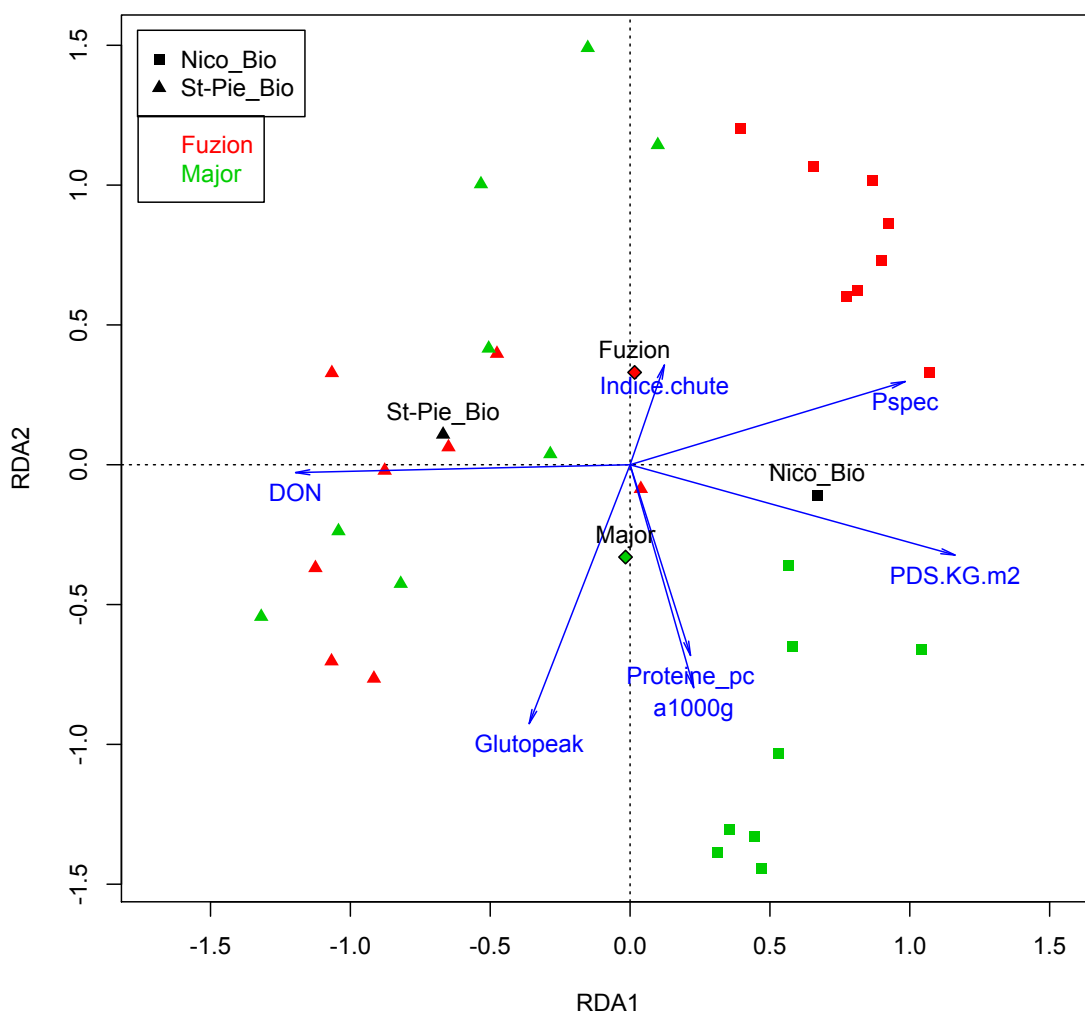


Figure 12. Résultats pour l'année 2017 en agriculture biologique seulement pour les sites Nico\_Bio et St-Pie\_Bio — Plan 1×2 d'une RDA des données (centrées-réduites ; flèches bleues). Les variables explicatives sont les deux facteurs « Site » et « cultivar ».

## Discussion

Pour l'année 2016

En 2016, les meuneries ont enregistré des quantités de traitement record de blé et des taux de DON (désoxynivalénol) près de zéro pour une majorité des récoltes (La Milanaise, 2016). Les rendements de notre expérience sont également à la hauteur des autres récoltes avec près de 4-tonnes à l'hectare, du moins pour le Major. Cela ne surprend pas quand on analyse les données météorologiques de la saison 2016 ou pour la période cruciale pour l'infection par le *F. graminearum*, soit du stade Z50 au stade Z69 (entre le 10 et le 15 juillet) de notre expérience. Les précipitations et les maximums de températures atteints durant la période

cruciale ont été peu favorables au développement de la fusariose. En effet, au vu des températures (Figures 1 et 5) et des précipitations (Figures 2 et 6), on constate qu'en 2016, la moyenne des températures maximum (25,4 °C) dépasse celle des 10 années précédentes (24,3 °C). La fusariose se développe peu au-dessus de 25 °C de jour. Il eu 30 jours avec des températures au-dessus de 25°C. Son développement cesse même totalement au-dessus de 29 °C (Bailey, et coll. 2004 ; Giroux, 2014 ; Vanasse, et coll., 2003), ce qui s'est produit à 6 reprises entre le 1er juin et le 15 juillet 2016. Quant à l'humidité nécessaire au développement de la fusariose, elle n'a pas été au rendez-vous, car il n'a pas plu pendant 24 jours durant cette période. Bien qu'à 190,8 mm le total de précipitation soit supérieur de 47 mm aux totaux usuels pour les 10 dernières années, ces précipitations sont survenues en trois coups d'eau pour un total de 113,2 mm au début et à la fin de la période. Cette séquence a probablement été favorable à la croissance du blé, mais très défavorable à celle de la fusariose. À Nicolet également, les conditions sont aussi favorables au blé et peu favorable à la fusariose avec des températures maxima moyennes de 24 °C et des précipitations totales de 239,2 mm en quatre coups d'eau importants. Il y a eu 18 jours avec des températures au-dessus de 25 °C. Le total des jours sans précipitation est de 23.

Le site de Nico\_Bio se distingue des autres par une performance moindre, si bien que les performances des sites en agriculture biologique accusent une tendance à la baisse par comparaison avec celles des sites en agriculture conventionnelle. Ce site a été perturbé par une invasion importante d'adventices (+99 % de couverture). Même si nous n'avons ici qu'un seul site de ce type (biologique + mauvaises herbes), on peut prudemment observer que le cultivar Major a mieux résisté à cette invasion que le cultivar Fuzion. En effet, malgré la présence très importante d'adventices, le rendement du Major se chiffre à 4 103,29 kg/ha alors que celui du Fuzion s'établit à 1 826,76 kg/ha (tableau III). Notons que malgré ces conditions, le rendement du Major est semblable à celui obtenu en agriculture conventionnelle avec un traitement d'herbicide, fongicide et engrais chimique pour la même région. Il en va de même pour le Glutopeak et pour le poids spécifique, qui sont plus faibles pour le Fuzion que pour le Major pour ce même site, mais équivalent en agriculture conventionnelle. La présence des adventices semble être la seule explication possible au faible rendement du Fuzion. Bar et coll. (2017) précisent à quel point le blé est particulièrement sensible à la compétition par les adventices. Il est permis de penser que la performance comparative du Major, par rapport au Fuzion, est



tributaire du fait que le Major produit plus de talles (Z23-Z24) et probablement plus de racines que le Fuzion, ce qui lui conférerait une plus grande compétitivité face à la concurrence des adventices, cela grâce à un meilleur accès aux ressources du sol. Il ne faut pas écarter non plus la possibilité que le Major puisse avoir une meilleure capacité à interagir avec les endomycorhizes arbusculaires — dont le *Rhizophagus irregularis* (DAOM 240442) —, comme dans le cas du cultivar Scotia (Fortin et coll., 2015 ; Yi, 2016), mais cette hypothèse devra faire partie d'une autre expérience.

#### Pour l'année 2017

Contrairement à la saison 2016, la saison 2017 fut plutôt défavorable à la production de blé, et favorable au développement de la fusariose. À Saint-Hyacinthe en 2017, la température maximale moyenne durant la période ciblée a été de 23,8 °C, soit 1,6 degré sous la moyenne de l'année 2016. Le total des précipitations a été de 150,5 mm, soit 39,5 mm de moins qu'en 2016, mais il n'y eut que 19 jours sans pluie soit cinq jours de moins qu'en 2016. Les températures ont dépassé la barre des 25 °C durant 10 jours (30 jours en 2016) et ont été au-dessus de 29 °C à trois reprises seulement soit la moitié de l'année 2016. Notons que la moyenne des maxima pour 2016 est au-dessus de 25 °C. On peut aisément conclure que les températures de 2016 ont été très défavorables au développement de la fusariose comparativement à 2017. Semblable a été la situation à Nicolet, avec une température maximale moyenne de 24 °C. Les températures ont dépassé les 25 °C à 11 reprises et bien que les précipitations aient été de 154,7 mm, il a plu durant 24 jours (21 jours sans pluie). Il y a donc eu une conjoncture favorable de températures et de pluie idéales pour la fusariose dans les deux régions en 2017.

Comme le montre le résultat de l'analyse du DON (désoxynivalénol) pour ce site, St-Pie\_Bio a connu une forte contamination par le *F. graminearum*, ce qui le distingue des autres sites tant en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique en zones 1 et 2. Pourtant, l'observation visuelle aux champs de la fusariose montrait des similitudes aux autres sites et ne laissait pas présager un tel résultat. Le DON plus élevé est sans doute lié au fait que le blé de ce site a été battu plus humide que la norme de 18 % à 20 %. Il y a eu une contrainte de disponibilité de batteuse liée à des conditions climatiques pluvieuses. Le développement de la fusariose serait survenu durant l'entreposage, faute de séchage adéquat comme l'ont montré Lacey et coll. (1999) pour des situations semblables. Il faut donc voir avec prudence ce

résultat très élevé avant de tirer une conclusion quant aux liens possibles entre la contamination plus élevée à la fusariose et un cultivar en particulier, car les deux cultivars au site de St-Pie\_Bio sont affectés de la même manière (voir tableau IV). De même, il serait hasardeux de faire un lien entre le type d'agriculture (biologique ou conventionnelle) et la présence de la désoxynivalénol. L'autre site de la zone 2 en agriculture biologique obtient un taux de DON (désoxynivalénol) de moins de 2 ppm (la norme canadienne, bien que non obligatoire, rappelons-le, est de 2 ppm), alors qu'il connaissait des conditions climatiques similaires ; le blé a cependant été battu avec un pourcentage de moins de 18 % d'humidité. Les résultats de St-Hyac\_Conv sont beaucoup plus dispersés que ceux des autres sites (étalement des cercles), phénomène qui pourrait s'expliquer par l'invasion de *C. sativus* (fonte des semis) que ce site a connu au stade Z10. Cette dispersion montre cependant que le cultivar Major obtient une fois de plus un rendement (4 987,02 kg/ha) légèrement supérieur à celui du cultivar Fuzion (4 473,9 kg/ha) en situation de stress biotique ou abiotique (voir tableau IV).

#### **St-Pie\_Bio et Nico\_Bio pour l'année 2017**

Comme nous venons de le voir, l'infestation par la fusariose (DON) a particulièrement touché le site de St-Pie\_Bio. Cependant, comme nous n'avons qu'un site à comparer avec un autre, il n'est pas possible d'attribuer sans ambiguïté, de manière statistique, la différence entre les sites à ce facteur (même si son effet est très probable du point de vue biologique). On remarque aussi que la fusariose (le cas échéant) a complètement atténué les différences entre les deux cultivars, ce que confirme le résultat de la MANOVA (les triangles rouges et verts de la Figure 12 étant entremêlés). L'effet du cultivar est significatif à Nico\_Bio, mais il ne l'est pas à St-Pie\_Bio. D'autre part, on remarque aussi que le site de Nico\_Bio se caractérise par des valeurs plus élevées pour les variables de poids spécifique (Pspec) et rendement (PDS.KG.m2) pour les deux cultivars (Tableau IV). En effet, le Major a obtenu un poids spécifique de 79 kg/hl à Nico\_Bio, comparativement à 77,53 kg/hl pour St-Pie\_Bio. Pour le Fuzion, on observe un poids spécifique de 80,69 kg/hl à Nico\_Bio et de 77,65 kg/hl à St-Pie\_bio. En résumé, l'infestation par le *F. graminearum* aurait complètement perturbé le site de St-Pie\_Bio, faisant fortement baisser sa productivité et réduisant les différences de propriétés des deux cultivars, sauf pour le Major qui obtient un meilleur rendement que le Fuzion. Le Major obtient la plupart du temps des résultats supérieurs au Fuzion, même si cette différence est parfois ténue. De plus, les données (non rapportées ici) de verse que nous avons

notées confirment comme le guide du RGCQ que le Major a un taux de verse inférieur au Fuzion. La verse élevée à Nico\_Bio en 2016 a pu influencer, comme les adventices, à la baisse la qualité du grain pour le Fuzion.

## **Conclusion**

Nous constatons que la première hypothèse, qui avançait que la performance des deux cultivars choisis est semblable en agriculture biologique et en agriculture conventionnelle, n'est pas tout à fait confirmée. Les conditions météorologiques variables et les quatre sites ont eu des difficultés intrinsèques variées (adventices dans un, *C. Sativus* dans un autre, saison favorable au blé en 2016 et défavorable en 2017...). Il demeure difficile de généraliser nos observations concernant les performances des deux cultivars ; ils sont parfois meilleurs pour l'un ou pour l'autre agriculture. Pour l'année 2016, le site Nico\_bio nous incite à penser qu'en vertu de sa capacité à offrir un meilleur rendement et une meilleure qualité de grain en cas d'invasion d'adventice, le cultivar Major serait mieux qualifié pour l'agriculture biologique que le cultivar Fuzion. Pour l'année 2017, très pluvieuse et aux températures plus froides qu'en 2016, les résultats sont assez variables. Le cultivar Fuzion présente un indice de chute plus élevé, mais les autres descripteurs (Glutopéak, protéine\_pc et a1000g) sont meilleurs pour le Major. Cependant, le rendement par mètre carré et le poids spécifique sont semblables pour les deux cultivars cette année-là. Enfin, le site StHyc\_Conv a montré que le cultivar Fuzion avait un moins bon résultat que le Major en cas d'infestation par *C. sativus*. Devant la variabilité des résultats, il semble que notre première hypothèse ne puisse être vérifiée complètement.

La deuxième hypothèse stipulait que le contenu en DON (désoxynivalénol) des grains est semblable en mode de culture biologique qu'en mode conventionnel pour les deux cultivars choisis. Nous constatons qu'en cas d'infestation majeure par *F. graminearum*, comme ce fut le cas à St-Pie\_Bio, les deux cultivars sont touchés et ont des propriétés médiocres ou similaires. L'hypothèse serait invalidée dans la limite de notre expérience. Il faudrait refaire notre expérience en ayant des conditions de battage, de séchage et d'entreposage idéales. Cependant, en situation réelle, il arrive que la récolte se fasse dans des conditions non optimales, comme celles que nous avons rencontrées. Notre expérience nous indiquerait donc ce qui risquerait de se produire en pareil cas.

### Chapitre 3. Discussion générale et conclusion

Nous avons comme objectifs de développer des connaissances phytosanitaires, techniques et phénologiques sur le *T. aestivum* cv Major et *T. aestivum* cv Fuzion en régie de culture biologique et en régie conventionnelle ainsi que des connaissances quant au rendement, à la résistance aux maladies et aux ravageurs. Nous nous proposons aussi de comparer les rendements et la qualité du grain (pourcentage de protéines, indice de chute, poids de 1000 grains, poids à l'hectolitre et désoxynivalénol (DON)) en agricultures biologique et conventionnelle pour ces mêmes cultivars et de faire des recommandations quant au choix de ceux à semer en agriculture biologique.

Nous avons colligé et analysé un certain nombre de données quant au cultivar de blé Major et Fuzion en agricultures biologique et conventionnelle. Nous avons par le fait même comparé les rendements et la qualité du grain. Nos résultats ne sont pas univoques, mais montrent souvent une tendance en faveur du cultivar Major. Il est donc permis de penser qu'il serait davantage pertinent de recommander ce cultivar aux agriculteurs biologiques que le Fuzion. Nous devons cependant rester prudents, vu les limites de notre recherche. Sur le terrain, plusieurs agronomes et agriculteurs semblent eux aussi pencher en faveur du cultivar Major, mais des recherches subséquentes seront nécessaires pour déterminer hors de tout doute quels sont les avantages du Major sur le Fuzion en agriculture biologique. En effet, il y a autant d'hétérogénéité entre les types d'agriculture (bio et conventionnelle) qu'entre les sites d'un même type d'agriculture qu'entre les cultivars. Il faudrait refaire des essais comme ceux du RGCQ sur plusieurs sites durant au moins trois années pour obtenir des résultats plus significatifs. On peut voir sur la Figure 11, en particulier, que la distance entre les deux sites en agriculture biologiques est du même ordre que celle entre les deux sites en agriculture conventionnelle; que ces distances sont du même ordre entre les sites en agriculture biologique et en agriculture conventionnelle, et que les distances entre cultivars varient d'un site à l'autre. Ajoutés au manque de répétitions des mesures intraparcelle pour les situations variées rencontrées dans notre étude (par exemple l'invasion par les adventices à Nico\_bio en 2016 ou par *F. graminearum* à St-Pie\_Bio en 2017), tous ces facteurs rendent impossible l'émission d'un avis global et définitif sur la valeur comparée de l'une ou l'autre méthode, ou encore sur la valeur de l'un ou l'autre des cultivars. Peut-être les choses seraient-elles

différentes avec les autres variables de qualité, pour lesquelles nous ne pouvons cependant pas nous prononcer non plus, étant donné que nous ne disposons que d'une seule valeur par combinaison site  $\times$  cultivar.

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'une prise de conscience de la population en général à propos de l'environnement autant au Québec qu'ailleurs dans le monde. Les agriculteurs du Québec s'inscrivent dans cette foulée de conscience et nombre d'entre eux se tournent vers des moyens de production plus « naturels » pour répondre aux besoins, de plus en plus grands, de disposer de produits issus de l'agriculture biologique. Les agriculteurs sont en outre sensibles aux effets des intrants chimiques non seulement sur l'environnement et sur la santé des populations, mais aussi sur leur propre santé.

Au-delà des effets dits positifs sur l'environnement ou la santé, les agriculteurs peuvent tirer plusieurs avantages en se tournant vers l'agriculture biologique. Les marges de profits seraient souvent plus avantageuses en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle, notamment en ce qui a trait à la culture du blé. Le blé de qualité biologique se positionne de mieux en mieux dans le marché au Québec, au Canada et ailleurs dans le monde.

Très peu d'études cependant ont fait des comparaisons entre différents cultivars de blé afin de savoir lesquels auraient de meilleurs rendements en agriculture biologique. De telles études seraient grandement nécessaires et il semble qu'elles soient réclamées par les agriculteurs. Notre recherche tentait donc de répondre, en partie seulement, à cette simple interrogation. Nous avons choisi deux cultivars de blé (Major et Fuzion) parmi ceux disponibles sur le marché québécois, afin de les mettre à l'épreuve tant en agriculture conventionnelle que biologique dans deux zones climatiques différentes durant deux saisons. Pour évaluer les deux cultivars, nous avons émis deux hypothèses que nous avons mises à l'épreuve en utilisant les critères usuels de qualification des farines et du grain, soit le DON, le poids de 1 000 grains, le poids spécifique, le pourcentage de protéines, le Glutopéak et le rendement au mètre carré.

Cette recherche n'a duré que deux ans, le cadre de notre maîtrise ne pouvant pas s'étendre au-delà. Or il faut bien plus que deux courtes saisons pour déterminer si un cultivar se qualifie plus qu'un autre pour un type d'agriculture, ce qui constitue ici une limite importante. L'autre limite tient aux possibles comparaisons à faire non seulement d'une saison à l'autre, mais plus encore, d'un sol à l'autre. Nous avons tenté de prendre des sols aux conditions édaphiques les plus semblables dans les limites du possible. En effet, non seulement il est difficile de trouver

des sols aux conditions édaphiques semblables, mais il fallait aussi que des agriculteurs généreux voulussent bien nous prêter quelques mètres carrés pour la réalisation de nos expériences.

Le cultivar Major était donné gagnant d'avance par les experts que nous avons consultés. Cependant, la réalité que nous avons observée est beaucoup plus nuancée. Le Major n'est donc pas la vedette attendue. Les résultats sont quelque peu équivoques, mais ils penchent tout de même un peu en faveur du Major. Fait probablement le plus intéressant, notre recherche montre également que même si, comme le Fuzion, le Major est affecté par *F. graminearum* et *C. sativus*, le Major serait moins affecté pour le rendement et la qualité du grain que le Fuzion. Enfin, dans le cas d'invasion par des adventices (conditions fréquentes en agriculture biologique) le Major, encore une fois, s'en tire mieux que le Fuzion.

Dans des conditions idéales de climat et de sol, à savoir une saison sèche et un sol exempt de maladie cryptogamique, les deux cultivars ont des résultats assez semblables tant en agriculture biologique que conventionnelle. Cela nous amène à poser la question de l'utilité ou de la pertinence de l'usage des intrants chimiques (engrais et pesticides) en agriculture conventionnelle (voire intensive), puisque les rendements pourraient être comparables en agriculture biologique, laquelle en utilise aucun. Si cela s'avérait, les coûts des intrants seraient donc une charge bien inutile pour les agriculteurs, d'autant que les effets nuisibles potentiels de ces agents sur l'environnement et la santé ne sont pas négligeables.

Sans être le héros attendu, le Major, d'après l'analyse des données, reste un blé que nous pouvons recommander aux producteurs en agriculture biologique, ce qui est loin d'être le cas du Fuzion.

## Bibliographie générale

- Agro-météo. (2019). Moyenne des degrés-jours (base 0°) du 1er avril au 31 octobre. Retrieved from <http://www.agrometeo.org/index.php/atlas/map/moyenne30/base0/1979-2008/false>
- (AACCI) American Association of Cereal Chemists International. (2018). 56-81.03 Determination of the Falling Number. Retrieved from <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx>
- Agriculture et agroalimentaire Canada. (2010). *Profil de la culture du blé de printemps au Canada*. Ottawa : Agriculture et agroalimentaire Canada Retrieved from [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/agr/A118-10-30-2012-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/agr/A118-10-30-2012-fra.pdf).
- Agri-Réseau. (2014). *Avantage des produits biologiques, transition animée par la perspective de profits plus élevés*. [http://www.agrireseau.qc.ca/documents/Document\\_89802.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/documents/Document_89802.pdf)
- Bailey, K. L., L.Couture, B.D. Gossen, R.K.Gugel et Morrall. (2004). *Maladies des grandes Cultures au Canada*. Sainte-Foy : La société canadienne de phytopathologie.
- Barette, É. (2006). *Pesticides et eau souterraine : prévenir la contamination en milieu agricole*. Québec : gouvernement du Québec Retrieved from <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/eau-sout/rapport.pdf>.
- Belzile, L., Li, J., & Pelletier, F., et Stéphane Godbout. (2014). *Développement de la production et de la compétitivité des grains. Rapport final*. Retrieved from Beloeil: <https://www.irda.qc.ca/fr/publications/developpement-de-la-production-et-de-la-competitivite-des-grains-alimentaire-de-specialite-au-quebec/>
- Bonin, L., Gautellier-Vizioz, L., Jouy, L., Metais, P., Marks-Perreau, J., Perriot, B., & Rela, B. a. C. V. (2017). *Gestion durable des céréales à paille*. Paris : Arvalis.
- Borcard, D., Gillet, F., et Legendre, P. (2018). *Numerical Ecology with R. Use R!*. Cham Switzerland: Springer International Publishing.
- Brown, N., A., Urban, M., & Van De Meene, A., M.L. and Hammond-Dosack, Kim E. (2010). The infection biology of *Fusarium graminearum*: Defining the pathways of spikelet to spikelet colonization in wheat ears. *Fungal Biology*, 2010 (114), 555–571.

- Broydé, H., & Doré, T. (2013). Effets des pratiques agricoles sur la contamination des denrées par les mycotoxines issues de *Fusarium* et *Aspergillus* spp. . *Cahier agriculture* (22), 182 —194. doi:10.1684/agr.2012.0571
- Bulluck III, L. R., et, M. Brosius, G. K. Evanylo et coll. (2002). Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 2002 (19), 147–160.
- Cantin, J., Weill, A., & Vachon, É. (2012) Système de production biologique et sans intrants chimiques. In CRAAQ (Ed.), *Les céréales à pailles*. Québec : Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec et CRAAQ.
- CARTV. (2013). *Statistiques 2012, Usage de l'appellation biologique au Québec*. Retrieved from :  
[www.cartv.gouv.qc.ca/sites/documents/file/statsbio/CARTV\\_StatistiquesBIO2012.pdf](http://www.cartv.gouv.qc.ca/sites/documents/file/statsbio/CARTV_StatistiquesBIO2012.pdf)
- CARTV. (2017). *Superficie cultivée par produits végétaux en 2017*. Retrieved from  
<https://www.portailbioquebec.info/superficies-cultivees-par-produit-vegetal-en-2017>
- Cauvain, S. (2018a). Introduction to Testing Methods and Their Applications. In S. Cauvain (Ed.), *The ICC Handbook of Cereals, Flour, dough and Product Testing*. Lancaster: DEStech Publications.
- Cauvain, S. (2018b). Using Cereal Testing at Mill Intake. In S. Cauvain (Ed.), *Cereals, Flour, Dough and Product Testing* (pp. 77–106). Lancaster: DEStech Publications, Inc.
- Cauvain, S. (2018c). The Relevance of Testing to the Manufacture of Bread and Fermented Products. In S. Cauvain (Ed.), *Cereals, Flour, Dough and Product Testing* (pp. 143–176). Lancaster: DEStech Publications, Inc.
- Cauvain, S. (2018d). Cereals Testing Equipment. In S. Cauvain (Ed.), *Cereals, Flour, Dough and Product Testing* (pp. 345–466). Lancaster: DEStech Publications, Inc.
- Cauvain, S. (2018e). An Overview of ICC Cereals Testing Methods. In S. Cauvain (Ed.), *Cereals, Flour, Dough in Product Testing* (pp. 467–516). Lancaster: DEStech Publications, Inc.
- Champeil, A., Doré, T., & Fourbet, J. F. (2004). *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of



- mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant science* (166), 1389–1515.  
doi:10.1016/j.plantsci.2004.004
- Chetouhi, C. (2015). *Bases moléculaires de la sensibilité du blé tendre (*Triticum aestivum*) à la fusariose de l'épi causée par le champignon *Fusarium graminearum**. (Ph. D.), Blaise Pascal, Aubière. (679)
- Clark, S., William R Horwath, Shennan, C., & Scow, K. (1998). Changes in Soil Chemical Properties Resulting from Organic and Low-Input Farming Practices. *Agronomy Journal*, 90 (September-October), 662–671.
- Clough, Y., et, Andreas Kruess, Teja Tschardtke. (2006). Organic versus conventional arable Farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agricultural, Ecosystems and Environment*, 2007 (118), 285–290.
- Commission canadienne des grains (2017). Guide officiel du classement des grains, 4 — Blé. Montréal : Commission canadienne des grains. <http://www.grainscanada.gc.ca/oggg-gocg/ggg-gcg-fra.htm>
- Commission canadienne des grains. (2018). « Procédures à suivre pour l'indice de chute. » Retrieved 13 décembre 2018, 2018, from <https://www.grainscanada.gc.ca/wheat-ble/method-methode/fnt-dic-fra.htm>.
- Commission canadienne des grains. (2018a). « Méthodes et analyses servant à mesurer la qualité du blé. » Retrieved 13 décembre 2018, 2018, from <https://www.grainscanada.gc.ca/wheat-ble/method-methode/wmtm-mmab-fra.htm>.
- Commission canadienne des grains. (2018 b). Détermination du poids spécifique, Ottawa, gouvernement du Canada. <https://www.grainscanada.gc.ca/oggg-gocg/01-poids-specifique-2018-fra.pdf>
- Coopérative agrobio du Québec (2012). *Portrait général de la mise en marché et du mouvement des grains biologique du Québec*. Sainte-Émélie-de-l'Énergie Retrieved from :  
[https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Projet%20No%20%2011-MEM1-01\\_Appui%20%C3%A0%20l%27acquisition%20de%20connaissances%20et%20au%](https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Projet%20No%20%2011-MEM1-01_Appui%20%C3%A0%20l%27acquisition%20de%20connaissances%20et%20au%20)

20dvpt%20MEM%20grains%20bio\_rapport%20final%202012.pdf

CRAAQ (2018a). Analysez vos grains pour détecter la présence de vomitoxine. Céréales. Québec, CRAAQ. <https://www.craaq.qc.ca/data/DOCUMENTS/E2.pdf>

Dalgaard, T., Halberg, N., & Porter, J. R. (2000).

ModelFossilEnergyDanishOrganicConvFarming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001 (87), 51–65.

De Ponti, T., Bert Rijk, Martin K. Van Ittersum. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 2012 (108), 1–9.

Dexter, J. E., Preston, K. R., & Woodbeck, N. J. (2006). Chapter 6: Future of flour a compendium of flour improvement. In L. Popper, W. Schafer, & W. Freund Eds.), *Canadian Wheat*. Dunne, Germany: Agrimedia.

Doucet, R. (2013). *Les mauvaises herbes agricoles*. Austin : Berger.

Doucet, R. (2006). *Le climat et les sols*. Eastman : Berger.

Dusabenyagasani, M., Hamelin, R., Collin, J., & Dostaler, D. (1997). Importance de l'interaction entre les cultivars de blé et les souches du *Fusarium graminearum* dans l'évaluation de la résistance à la fusariose de l'épi. *Phytoprotection*, 78 (2), 53-60.

Environnement et ressources naturelles (2018). Résultats de station — Données historiques.

Retrieved from

[http://climat.meteo.gc.ca/historical\\_data/search\\_historic\\_data\\_stations\\_f.html?searchType=stnProx&timeframe=1&txtRadius=200&optProxType=city&selCity=45%7C31%7C73%7C39%7CMontr%C3%A9al&selPark=&txtCentralLatDeg=&txtCentralLatMin=&txtCentralLatSec=&txtCentralLongDeg=&txtCentralLongMin=&txtCentralLongSec=&optLimit=yearRange&StartYear=2017&EndYear=2017&Year=2018&Month=10&Day=2&selRowPerPage=100](http://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_stations_f.html?searchType=stnProx&timeframe=1&txtRadius=200&optProxType=city&selCity=45%7C31%7C73%7C39%7CMontr%C3%A9al&selPark=&txtCentralLatDeg=&txtCentralLatMin=&txtCentralLatSec=&txtCentralLongDeg=&txtCentralLongMin=&txtCentralLongSec=&optLimit=yearRange&StartYear=2017&EndYear=2017&Year=2018&Month=10&Day=2&selRowPerPage=100)

(FAO), Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-BT086f.pdf>

Fédération d'agriculture biologique du Québec. (2015). Portrait du secteur de la production de Grandes cultures biologiques. Retrieved from [http://www.fabqbio.ca/page5\\_1.html](http://www.fabqbio.ca/page5_1.html)

- Forges, F. (2015). L'agriculture biologique au Canada : Un aperçu. Ottawa : gouvernement du Canada Retrieved from <http://www.parl.gc.ca/content/lop/researchpublications/prb0029-f.htm>.
- Fortin, A., Plenchette, C., et Piché, Y. (2015). *Les mycorhizes*. Montréal : Multimondes.
- Fraser, J. G., and A. G. Whiteside. (1956). *Handbook of Canadian Spring Wheat Varieties*. Ottawa : Agriculture Canada.
- Giroux, I. (2004). *La présence de pesticide dans l'eau en milieu agricole au Québec*. Québec : ministère du Développement durable, Environnement et lutte contre les changements climatiques Retrieved from [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/pesticides/pesticides.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/pesticides/pesticides.pdf).
- Giroux, I. (2010). *Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère Ruisseau Gibeault-Delisle dans les « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007* Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service de l'information sur les milieux aquatiques. Retrieved from [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/pesticides/maraichere/pesticides-eau-maraicher.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/pesticides/maraichere/pesticides-eau-maraicher.pdf).
- Giroux, M.-É. (2014). *Évaluation de modèles prévisionnels de la fusariose de l'épi chez le blé sous les conditions de culture du Québec*. (maîtrise), Laval, Québec.
- Grenier, S., Christian Legault, Monique Scholz. (2006). *Trousse de transition vers l'agriculture biologique, grande culture*. Sherbrooke : AgroExpert inc.
- Hole, D. G., Wilson, J. D., Alexander, I. H., & Grice, P. V. a. A. D. E. (2004). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological conservation*, 2005 (122), 113–130.
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2015) Grandes cultures. *In ISQ. Statistiques et publications. Agriculture et industrie bioalimentaire*. <http://www.stat.gouv.qc.ca/docs-hmi/statistiques/agriculture/grandes-cultures/index.html> (Page consultée le 20 septembre 2018.)

- Institut de la statistique du Québec. (2017). *Superficie de blé destinée à la consommation humaine*. Retrieved from <http://www.stat.gouv.qc.ca/docs-hmi/statistiques/agriculture/grandes-cultures/supbch.htm>
- Institut de la statistique du Québec. (2018). Superficie de blé destiné à la consommation humaine. Retrieved from <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/grandes-cultures/am11ven11.htm>
- Lacasse, C. (2016). *Analyse comparative de quatre modes d'agriculture du blé au Québec : intensive, conventionnelle, raisonnée et biologique* (Maîtrise), Sherbrooke.
- Lacey, J., Bateman, G., & Mirocha, C. (1999). Effects of infection time and moisture on development of ear blight and deoxynivalenol production by *Fusarium* spp. in wheat. *Ann. applied biologists* (134), 277-283.
- Lachance, P. (2004). L'indice de chute (Hagberg). Retrieved from <https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Indice%20de%20chute.PDF>
- Lachance, P. (2015). La vomitoxine, facteur de déclassement du blé panifiable. Retrieved from <http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/tx%20vomitoxine%20Lachance.pdf>
- Levert, M.-E. (2014). *Le marché canadien des semences biologiques et écologiques, tendance et opportunité, 2014*. Ottawa : Le marché canadien pour les semences biologiques et écologiques 10 retrieved from [http://www.seedsecurity.ca/doc/seedmarketstudy\\_FR\\_Dec5.pdf](http://www.seedsecurity.ca/doc/seedmarketstudy_FR_Dec5.pdf)
- Mader, P., Hahn, D., Dubois, D., Gunst, L., Alfoldi, T., Bergmann, H., Niggli, U. (2007). Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21 year field experiment. *Journal for the Science of Food and Agriculture* (87), 1826–1835. doi:10.1002/jsfa.2866
- Mapaq. (2009). *Monographie de l'industrie des grains au Québec*. Québec : gouvernement du Québec Retrieved from <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographiegrain.pdf>

- Mapaq. (2015). *Monographie de l'industrie du grain Québec* : gouvernement du Québec, Retrieved from <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographiegrain.pdf>.
- Mapaq. (2018). Grains bio : mille et une occasions à saisir. Retrieved from <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/mars2016/Pages/grains-bio.aspx>
- Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., & Grego, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators* (6), 701–711. doi:10.1016/j.ecolind.2005.08.029
- Frère Marie-Victorin and L. B. Ernest Rouleau (2002). *Flore laurentienne*. Montréal, Gaetan Morin.
- Mason, H., Navabi, A., Frick, B., O'Donovan, J., Niziol, D., & Spaner, D. (2006). Does growing Canadian Western Hard Red Spring wheat under organic management alter its breadmaking quality? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22 (3), 157–167.
- Massicotte, É. a. A. S. (2017). *Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec*. Québec : gouvernement du Québec. Retrieved from <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/profil-bioalimentaire2017.pdf>
- Mischler, P., Sylvain Lheureux, François Dumoulin, Pierre Menu et coll. (2009). Huit fermes de grandes cultures engagées en production intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. *Courrier de l'environnement de l'INRA*(57).
- Mondelaers, K., Aertsens, J., & Huylenbroeck, G. V. (2009). A Meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111 (10), 1098–1119.
- Moulin de Soulanges (2011). *Rapport annuel, agriculture raisonnée*. Retrieved from Saint-Polycarpe: [http://www.moulinsdesoulanges.com/images/stories/pdf/2012-04-01\\_RapportAR2011.pdf](http://www.moulinsdesoulanges.com/images/stories/pdf/2012-04-01_RapportAR2011.pdf)
- Moulin de Soulanges (2012). *Le blé du champ à l'assiette*. Retrieved from <http://www.moulinsdesoulanges.com/fr/notre-documentation/le-ble-de-a-a-z>
- Munger, H. e. A. V., Rioux, S., Légère, A. (2014). Bread wheat performance, fusarium head blight incidence and weed infestation response to low-input conservation tillage systems in eastern Canada. *Canadian Journal of plant Sciences*(94), 193-201.

doi:10.4141/.

- Oïkonomou, N. A., Bakalis, S., Bakalis, S., Rahman, M. S Krokida, M. K. (2015). Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression Model. *International Journal of Food Properties*, 18 (1), 1–11.  
doi:10.1080/10942912.2013.772198
- Ordre des agronomes du Québec (2013). *Consultation sur les mesures visant à protéger les abeilles contre l'exposition aux pesticides de la catégorie des néonicotinoïdes — Avis d'intention*— 012013-01. Mémoire de l'Ordre des agronomes du Québec.
- Pimentel, D. E., H. Acquay, M. Biltonen, P. Rice, et coll. (1992). Environmental and Economic Costs of Pesticide Use. *Bioscience*, 42 (10), 750-760.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., douds, D., & Seidel, R. (2005). Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *Bioscience*, 55 (7), 573-582.
- Plouffe, D., Bourget, G., Audet, R., & Lepage, M.-P. (2018). *Indices agroclimatiques pour faciliter la prise de décision en agriculture*.  
[https://www.craaq.qc.ca/UserFiles/file/Evenements/EAGR1101/Plouffe\\_PPT.pdf](https://www.craaq.qc.ca/UserFiles/file/Evenements/EAGR1101/Plouffe_PPT.pdf)
- Posner, E., et Hibbs, A. (2005). Wheat Flour Milling. Minnesota: American Association of Cereal Chemist Inc.
- Producteurs de grains du Québec. (2017). Semences. Retrieved from Producteurs de grains du Québec <http://www.pgq.ca/>
- Québec, Portail bio. (2015). *Superficies cultivées par produit végétal en 2014*. Retrieved from <https://www.portailbioquebec.info/superficies-cultivees-par-produit-vegetal-en-2014-final>
- Reganold, J. (1998). Comparison of Soil Properties as Influenced by Organic and Conventional Farming Systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 3 (4), 144–155.
- RGCQ. (2014, 2015, 2016). *Grandes cultures, le magazine des producteurs au service des producteurs*. In CEROM (Ed.). Québec : La terre de chez nous. RGCQ.

- Rigby, D., et D. Cáceres. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems*, 2001 (68), 21–40.
- Rioux, S. (2015). *Combinaison de moyens de lutte pour contrer la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge*. Retrieved from Québec:  
<https://www.google.com/search?q=Combinaison+de+moyens+de+lutte+pour+contrer+la+fusariose+de+l%27%C3%A9pi+chez+le+bl%C3%A9+et+l%27orge&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab#>
- Sall, D. B. (2015). *Monographie de l'industrie du grain au Québec* : gouvernement du Québec  
 Retrieved from <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographiegrain.pdf>.
- Santé Canada. (2017). *Concentrations maximales établies par Santé Canada à l'égard de contaminants chimiques dans les aliments*. Retrieved from <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/contaminants-guidelines-directives-fra.php>
- Samuel, O., Dion, S., St-Laurent, L., & April, M.-H. (2012). Indicateur de risque des pesticides du Québec – IRPeQ – *Santé et environnement* [Québec : gouvernement du Québec Retrieved from <http://www.mapaq.gouv.qc.ca>.
- Saur, L., Benacef, N., & Morlais, J. (1993). Relation entre les symptômes de fusariose de l'épi et la perte de rendement chez le blé tendre. *Agronomie, EDP Sciences*, 13 (9), 829-833.
- Shi-Ming, M., et Joachimm Sauerborn. (2006). Review of History and Recent Development of Organic Farming Worldwide. *Agricultural sciences in China*, 5 (Marsh, 3), 169–178.
- Statistiques Canada. (2018). *Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures, en unités métriques et impériales*. Retrieved from <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&id=10017>
- Tangni, E., Pussemiere, L., Pussemier, L., Schneider, Y., & Larondelle, Y. (2013). Mycotoxines dans les céréales et produits dérivés : revue de la littérature sur les filières biologiques et conventionnelles en Europe. *Cahier agriculture* (22), 152-164. doi:10.1684/agr.2013.0623
- Tellier, S. (2006). *Les pesticides en milieu agricole : état de la situation environnementale et Initiatives prometteuses*. Québec : gouvernement du Québec.

- UPA. (2014). *Les risques des pesticides, mieux les connaître pour les réduire*. Longueuil : UPA.
- UPA. (2015). *Production de semences de grains biologiques : une filière à construire*. Paper presented at the Compte-rendu de la journée tenue le 21 avril 2015 à la maison de l'UPA sous la thématique : « Devenir producteur de semences biologiques au Québec : enjeux et opportunités », Longueuil.  
[https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAAahUKEwipzfaxk\\_PIAhXBNT4KHSKbDq8&url=http%3A%2F%2Fwww.agrireseau.qc.ca%2Fdocuments%2FDocument\\_89975.pdf&usg=AFQjCNFrQYJVI-Wd7T9gfyhmYtQHBk-uMg](https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAAahUKEwipzfaxk_PIAhXBNT4KHSKbDq8&url=http%3A%2F%2Fwww.agrireseau.qc.ca%2Fdocuments%2FDocument_89975.pdf&usg=AFQjCNFrQYJVI-Wd7T9gfyhmYtQHBk-uMg)
- Vachon, É. (2015) *Empreinte environnementale du blé produit pour les moulins de Soulanges et La Milanaise* : Saint-Jean, Moulins de Soulanges. Présentation powerPoint
- Vachon, É. (2018). *Bilans énergétiques comparés des productions biologiques de grandes cultures*. Saint-Jean. Moulins de Soulanges, Présentation powerPoint
- CRAAQ (Vanasse, A., & coll., e.) (2003) *Facteurs-clés pour la production du blé d'alimentation humaine*. Québec : CRAAQ.
- CRAAQ (Vanasse, A.) (2012). *Les céréales à paille*. Québec : CRAAQ.
- Van Stappen, F., Lories, A., Method, M., Planchon, V., Stilmant, D., & Debode, F. (2015). Organic versus conventional farming: the case of wheat production in Wallonia (Belgium). *Science Direct* (7), 272–279.
- Bar, C. (2017). *Blé tendre, guide de culture*. Paris, Arvalis.
- Williams, R. H., Bhandari, D. G., Hook, S. C. W., & Jellis, G. J. (2018). Testing Cereals in the Field and at the Store and Its Relevance to End-product Performance. In S. Cauvain (Ed.), *Cereals, Flour, Dough and Product Testing* (pp. 47–76). Lancaster: DESteck Publications inc.
- Yi, D. (2016). *Mycorrhizal colonization in wheat: phenotypic and genotypic analysis*. (maîtrise), Mc Gil, Montréal.



Zakhia-Rozis, N., & Schorr-Galindo, S. (2013). Les mycotoxines : quelles réponses de la recherche à cette problématique. *Cahier agriculture* (22), 149-150.

doi:10.1684/agr.2013.0632

# Annexe

## Analyses de sol complètes



Accrédité pour pH, pH tampon, Mat. Org., P, K, Ca, Mg, Al, Mn, Cu, Zn, B (Mehlich) par CEAQ

Date de réception 19-oct.-16 *Provenance*  
 Date du rapport 26-oct.-16 William Houde Ltée  
 Numéro du certificat 100546 8, 3e rang Ouest  
 Numéro d'accréditation 459 Saint-Simon-de-Bagot Québec  
 Méthode Extraction Mehlich 3 J0H1Y0  
 Résultats en base sèche  
 Numéro d'envoi: 60152 Échantillonné le: 17-oct.-2016

Résultats d'analyses					
Numéro	463970				
Identification champ	3				
Culture prévue					
AEL-L SOL-006	pH	6.8	R		
AEL-L SOL-007	pH tampon	7.0	B		
AEL-L SOL-005	Mat. Org. %	4.5	B		
AEL-L-SOL-003+AEL-L-IEOP-028	kg/ha	P	208	R	
		K	875	TR	
		Ca	6 048	TR	
		Mg	1 270	TR	
	ppm	Al	929	MB	
		P/Al*	10.0	I	
		Mn	18.2	TR	
		Cu	7.09	TR	
		Zn	10.58	TR	
		B	0.69	P	
%	N total				
	C / N				
	N-NH <sub>4</sub>				
ppm	N-NO <sub>3</sub>				

TP=Très pauvre, P=Pauvre, M=Moyen, MB=Moyen bon, B=Bon, R=Riches, TR=Très riches

### Physique du sol

Granulométrie	3			
Sable	%			
Limon	%			
Argile	%			
Classe texturale				
Type de sol				

Besoins en chaux IVA 100%					
No laboratoire	463970				
No champ	3				
Culture prévue					
Quantité	t/ha				
Type de chaux					

CEC et saturations en bases					
No champ	3				
CEC (meq/100g)	23.3	B			
Base	Marge moy.	Saturation en bases			
K	0,3 - 2,0	4.3	TR		
Ca	25 - 60	58.0	B		
Mg	1 - 10	20.3	TR		
Total	10 - 90	82.5	R		
Rapport	Marge moy.	Rapports entre les éléments			
K/Mg	0,1 - 0,5	0.21	B		
K/Ca	,01 - ,06	0.07	R		
Mg/Ca	,03 - 0,25	0.35	R		

Autres résultats					
Na / RAS	ppm <5	50	0.7		
Conductivité électrique	mS/cm				

\*P/Al: Valeur environnementale critique = limite entre bon et riche. Valeurs agronomiques critiques = limite entre pauvre et moyen, et, entre riche et très riche.

Estimé					
Densité estimée	g/cm <sup>3</sup>	0.91	M		
Porosité estimée	%	64.5	M		
Perméabilité estimée					
Conductivité hydrique	cm/h				
Coeff. de réserve au sol (CRU)	g eau / 100 g sol				

TF = Très faible, F = Faible, B = Bon, E = Élevé, TE = Très élevé

### Remarques

Résultats applicables aux échantillons soumis à l'analyse seulement. Ce document est à l'usage exclusif du client et est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, soyez avisé que tout usage, reproduction, ou distribution de ce document est strictement interdit. Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

3	Mg est en excès et peut occasionner le blocage du K, Ca, surtout si ceux-ci sont en faible concentration.

Contrôle qualité		Valeurs attendues: 85 à 115 %				Résultats des échantillons contrôlés passés avec vos échantillons, résultats en % des valeurs attendues pour chacun des paramètres									
pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Cu	Zn	B	S	Na	Fe	N total	C.E.
100.0	106.2	102.9	97.8	100.8	95.4	101.2	90.8	98.5	98.4	99.8					

Copyright 2007

## Analyse sol St-Hyac\_Conv 2017

Copyright 2007

**Accrédité par CEAEQ, ISO-CEI 17025**

Numéro du champ: #3 Numéro du lab: 473537 Date de réception: 21 nov. 16 Date du rapport: 25 nov. 16 Méthode: Extraction Mehlich 3 Numéro d'accréditation: 459 Numéro du certificat: 473537	Meunerie Plessis 2042, St-Laurent Plessisville G6L2R3 Échantillonné le: 14 nov. 2016
--	--

**Résultat d'analyse** Base sèche Culture prévue :

Méthode	Extraction Mehlich 3													
Nom méthode	AEL-I-SOL-006-007 AEL-I-SOL-007 AEL-I-SOL-003 + AEL-I-EQP-028													
Éléments	pH		Matière organique	P	K	Ca	Mg	Al	P/Al <sup>1+2,3</sup>	Mn	Cu	Zn	B	S
	eau	tampon												
Unités			%	kg/ha				ppm	%	ppm				
#3	6.8	7.0	4.4	47	128	3 978	275	795	2.6	6.8	1.00	1.28	0.39	

1- P/Al Valeur environnementale critique = limite entre bon et riche. Valeurs agronomiques critiques = limite entre pauvre et moyen, et, entre riche et très riche.  
 2-Si la culture est la canneberge, le calcul est le P / (Al+Fe) 3- Sols Organiques, ISP 3: P / (Al+5\*Fe) TP très pauvre, P pauvre, M moyen, MB moyen bon, B Bon, R riche, TR très riche

<b>Besoins en chaux IVA 100%</b>	<b>CEC et saturations en bases</b>	<b>Autres résultats</b>
Besoins en chaux (t/ha)	CEC (meq/100 g) 14.6 M	N total (%)
Type de chaux	Saturation (%)	N-NO3 (ppm)
<b>Contrôle qualité</b> Valeurs attendues: 85 à 115 %	Potassium 0,3 - 2,0 1.0 B	Conductivité électrique (mS/cm)
	Calcium 25 - 60 60.8 R	Fer (ppm) 123
	Magnésium 1 - 10 7.0 B	Texture
	Total des bases 10 - 90 68.8 B	Sable %
	Rapports	Limon %
	K/Mg 0,1 - 0,5 0.14 M	Argile %
	K/Ca ,01 - ,06 0.02 M	Classe texturale
Mg/Ca ,03- 0,25 0.12 B	Type de sol G3 - Léger	
Sodium (ppm) 8	Densité estimée g/cm3	
Ratio d'adsorption du sodium < 5,0 0.17	Porosité estimée %	
	Perméabilité estimée	
	Coefficient de perméabilité estimée cm/h	
	Coefficient réserve eau utile (CRU) g eau / 100 g sol sec	

Voir votre conseiller pour interprétation des résultats plus spécifique  
 Résultats applicables aux échantillons soumis à l'analyse seulement. Ce document est à l'usage exclusif du client et est confidentiel, si vous n'êtes pas le destinataire visé, soyez avisé que tout usage, reproduction, ou distribution de ce document est strictement interdit. Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

Hub. 2014



## ENGRAIS ORGANIQUE

## Résultats d'analyses

RÉSULTATS		Matériel référence		Vache - Fumier							
Méthode	Paramètre	Matériel analysé		Vache - Fumier							
Numéro du certificat: FU-0060673		Identification client		AmaPou2014		Hubert					
Date de réception: 18 juin 14		No Laboratoire		Réf. FU-0060673							
Date du rapport: 9 juil. 14											
Minéralisation acide, dosage ICP											
Résultats en base humide ✓											
Numéro d'accréditation: 459											
Numéro d'envoi: 31365											
		Provenance		Yamasol							
				460, Boul. Louis-Frechette							
				Nicolet							
				Québec, J3T1Y2							
				Échantillonné le 1 juin 2014							
AEL-I-FUM-010		Matière sèche	M.S	(%)	34.3	✓					
AEL-I-FUM-010		Matière organique	M.O	(%)	22.3						
AEL-I-FUM-012		Densité	D	(t/m3)	0.555	C	✓				
Calcul		Rapport C/N	C/N		4.1						
AEL-I-FUM-014		Azote total	N total	(kg/l)	27.2						
AEL-I-FUM-013		Azote ammoniacal	N-NH <sub>4</sub>	(kg/l)	11.57						
AEL-I-FUM-013		Azote nitrate	N-NO <sub>3</sub>	(ppm)							
AEL-I-FUM-009 et AEL-H-EQP-028	Phosphore		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(kg/l)	17.7						
	Potassium		K <sub>2</sub> O	(kg/l)	10.3						
	Calcium		Ca	(kg/l)	23.6						
	Magnésium		Mg	(kg/l)	2.0	✓					
	Cuivre		Cu	(ppm)	23	✓					
	Manganèse		Mn	(ppm)	235	✓					
	Zinc		Zn	(ppm)	187	✓					
	Bore		B	(ppm)		✓					
	Fer		Fe	(ppm)	475	✓					
	Souffre		S	(ppm)		✓					
AEL-I-FUM-007		Sodium	Na	(ppm)	1 933						
		Aluminium	Al	(ppm)	205						
		Acidité	pH								
				AmaPou2014							
		C / N			4.1						
		NH <sub>4</sub> / N total	%		42.5						
		Niveau de minéralisation			Forte minéralisation						
		Disponibilité de l'azote			Élevé à très élevée						
		N potentiellement disponible	kg/l		19.1						
		Valeur fertilisante et monétaire du fumier		N :	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	K <sub>2</sub> O :	\$/kg				
		Valeur fertilisante du fumier		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
		Valeur brute		kg/l	27.25	17.69	10.25				
		Valeur épandu été		kg/l	17.34	11.50	9.23				
		Valeur épandu automne		kg/l	13.36	7.19	7.49				
		Valeur monétaire du fumier		tonne	1 t	500 t	1000 t	1 t	500 t	1000 t	1 t
		Valeur brute		\$	50.21	25 106	50 211				
		Valeur épandue été		\$	33.80	16 901	33 802				
		Valeur épandue automne		\$	24.68	12 341	24 682				
<p>Résultats applicables aux échantillons soumis à l'analyse seulement. Ce document est à l'usage exclusif du client et est confidentiel, si vous n'êtes pas le destinataire visé ou son mandataire, soyez avisé que tout usage, reproduction, ou distribution de ce document est strictement interdit.</p> <p>Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.</p>											

2016-05-10  
20:54:16

**PAEF:Analyse des engrais minéraux et déjections (2016)**

Ferme Fleuryville Inc.

CETAB+/Club du CDA

Page: 8  
SigaChamp  
V.7.7.13.37

**Déjections**

Description	Code d'engrais	%MS	Dens. kg/m3	C/N	N kg/tm	P2a6 kg/tm	P2O5 kg/tm	K2O kg/tm	Ca kg/tm	Mg kg/tm	Méthode d'analyse	Date d'analyse
CRAAQ Bovins Fumier Fleur	CRA-BF-F	21.2	796.98	15.00	5.70	4.32	3.60	5.30			CRAAQ	
CRAAQ Bovins Lisier pâtage	CRA-BL-F	7.2	1000	13.00	3.10	1.80	1.50	3.40			CRAAQ	
CRAAQ Bovins Purin Fleural	CRA-BP-F	5	1000		1.90	0.60	0.50	3.70			CRAAQ	2005-01-01
CRAAQ Fumier Poulet	CRA-FU-P	74.3	273		28.30		23.50	18.00			CRAAQ	

Analyse de fumier pour Nico\_Bio 2017.

**Rapport d'analyses de sols minéraux**

No. de rapport: 00031757    Région:081    Date de réception: 18/05/2016    Date d'émission: 19/05/2016

 Distributeur:  
 081  
 Clients Ferme Laboratoire

Interprétation des niveaux de richesse	TRÈS FAIBLE	FAIBLE	MOYEN FAIBLE	OPTIMUM	MOYEN ÉLEVÉ	ÉLEVÉ	TRÈS ÉLEVÉ	No. Échantillon	BIO ST-PIE	BIO NICOLET	CONV. ST-H	CONV. NICOLET
								No. Laboratoire	00260729	00260730	00260731	00260732
								C.E.C.	23.3	21.8	25.7	11.5
								% M.O.	5.4	4.1	3.5	6.1
								Ind. Azote Soufre	152	119	101	142
								pH solution	6.8	7.4	7.8	6.7
								pH tampon	7.1	7.5	7.5	7.0
								Indice d'acidité	120	160	160	106
Acidité								Indice de fertilité	86	84	76	88
								Phosphore (kg/ha)	265	477	211	367
Azote Soufre								Aluminium (ppm)	902	749	866	1130
								ISP <sub>1</sub>	13.1	28.4	10.9	14.5
Fertilité								Indice de P	165	282	151	119
								Potassium (kg/ha)	934	916	1170	398
Phosphore								Magnésium (kg/ha)	894	736	1370	188
								Calcium (kg/ha)	8000	7600	8200	4200
Aluminium								% de K	4.60	4.82	5.20	3.95
								% de Mg	14.3	12.6	19.8	6.1
P/Al								% de Ca	76.8	78.0	71.1	81.3
								% de H	4.3	4.6	3.9	8.7
Potassium								K/Mg	0.32	0.38	0.26	0.65
								Indice de K	162	164	194	98
Magnésium								Indice de Mg	167	143	242	54
								Indice de Ca	99	102	91	120
Calcium								Indice du K/Mg	92	101	83	85
								Zinc (ppm)	7.1	8.7	3.9	3.8
K/Mg								Manganèse (ppm)	18	24	53	8
								Cuivre (ppm)	7.5	6.0	11.8	3.9
Zinc								Fer (ppm)	417	407	264	291
								Bore (ppm)	0.89	0.94	0.91	0.53
Manganèse								Indice de Zn	104	116	76	75
								Indice de Mn	81	101	156	41
Cuivre								Indice de Cu	144	129	167	103
								Indice de B	67	68	67	56
Bore								Les méthodes utilisées sont: spectrométrie au plasma après extraction avec Mehlich III pour le P, K, Mg, Ca, Al, Zn, Mn, Cu, Fe et B; ratio de 1:1 pour le pH à l'eau; SMP pour le pH tampon et Walkley-Black pour la matière organique.				
								Le laboratoire Géosol est accrédité par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et est conforme aux exigences d'ISO/CEI 17025. La portée de l'accréditation vise la détermination du pH à l'eau, du pH tampon SMP, de la matière organique et des minéraux par la méthode Mehlich III, excepté le fer et le bore.				
								Avertissement: Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du laboratoire. Les résultats des analyses ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.				

COPIE PRODUCTEUR

Analyse de sol de 2016 pour St-Pie\_Bio, Nico\_Bio, St-Hyac\_Conv et Nico\_Conv.

Photos



*Cochliobolus sativus* à St-Hyac\_Conv 2017

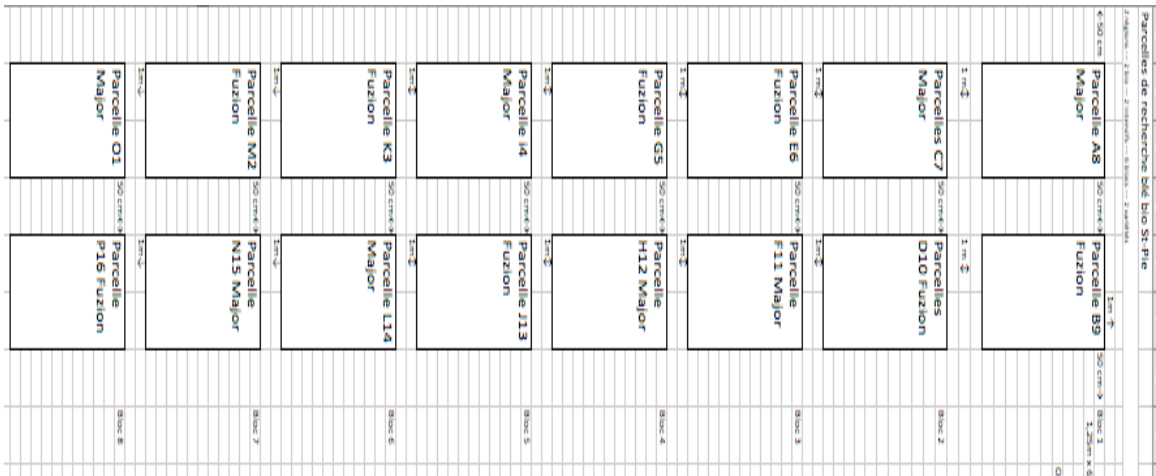


St-Pie\_Bio 2016





St-Hyac\_Conv 2017

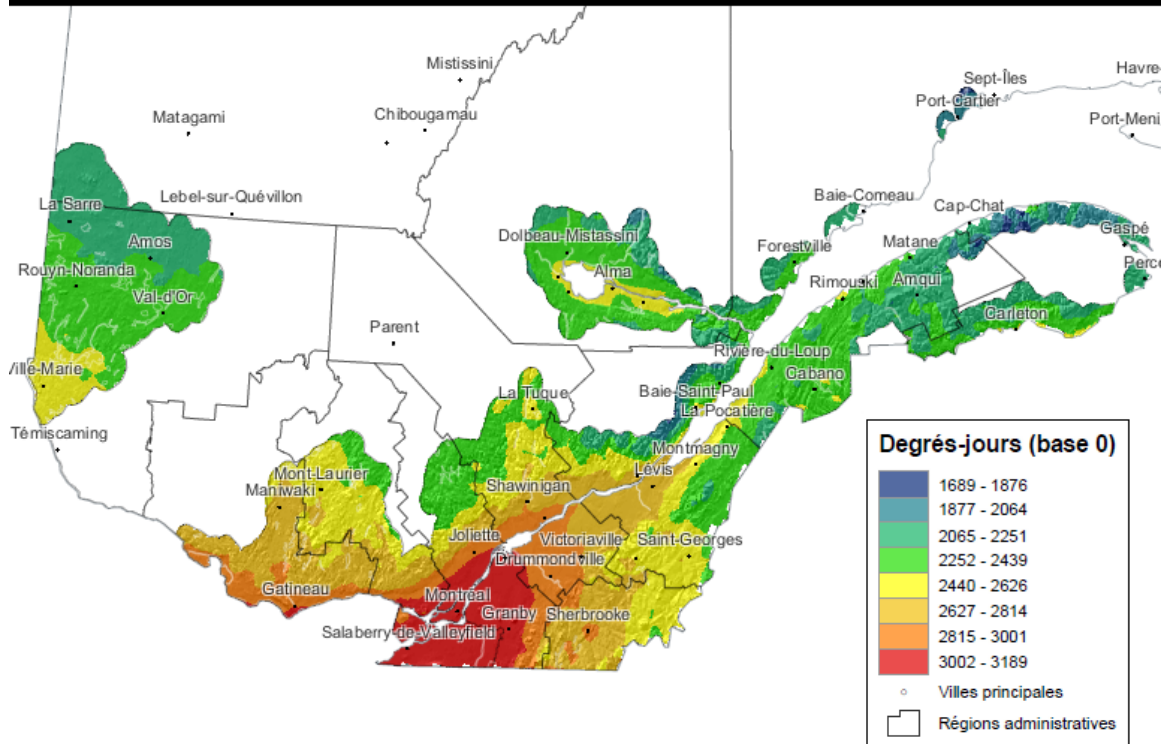


Plan des parcelles

<i>T. aestivum</i> L. var. Major				<i>T. aestivum</i> L. var. Fuzion			
Zone 1		Zone 2		Zone 1		Zone 2	
St-Hyacinthe		Nicolet		St-Hyacinthe		Nicolet	
Bio	Conv	Bio	Conv	Bio	Conv	Bio	Conv

Représentation graphique du dispositif.

**Moyenne des degrés-jours ( base 0°C ) du 1er avril au 31 octobre**



Préparé par :



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada



En collaboration avec :



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Zones climatiques, carte des degrés-jours du CRAAQ de Agro-météo