



Programme Agri-innovation – Volet B
Rapport annuel sur le rendement 2017-2018

Pour les projets ou activités ayant débutés en retard, nous nous attendons à ce que les réponses à certaines questions soient brèves et à ce que d'autres questions ne s'appliquent pas ou soient prématurées. Veuillez indiquer « sans objet » si la question n'est pas pertinente pour l'instant.

Nom du bénéficiaire : Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel	
Titre du projet : Détermination de l'effet des porte-greffes sur les propriétés chimiques et organoleptiques des vins produits pour des cépages hybrides de climat froids.	
Numéro du projet : PAI-369	Période visée par le rapport : 01-04-2017 au 31-03-2018
Numéro de l'activité : Nom de l'activité : 2	Chercheur principal : Caroline Provost

1. Mesures de rendement. Consultez l'annexe A pour obtenir une explication de chaque mesure.

Innovations	Résultats obtenus Nombre	Décrivez (2-3 paragraphes) chaque innovation produite, ainsi que son importance pour le groupe cible ou le secteur. Expliquez tout écart entre les résultats obtenus et les cibles. Utilisez un langage simple.
Nombre d'éléments de propriété intellectuelle découlant du projet		
Nombre de produits nouveaux ou améliorés		
Nombre de processus ou systèmes nouveaux ou améliorés		
Nombre de pratiques nouvelles ou améliorées	Cible : 1 atteinte : 1	<p>Ce projet a permis de caractériser l'effet du greffage sur les paramètres agronomiques et œnologiques de six cépages hybrides dans les conditions du Québec, et ce pour deux types de sols. Les résultats démontrent que le greffage permet de s'adapter à diverses conditions pédoclimatiques observées en vignoble et que les vins produits sont influencés par le porte-greffe.</p> <p>Les résultats de ce projet permettront aux producteurs de considérer le greffage pour s'adapter aux conditions spécifiques de leurs vignobles, conditions pédoclimatiques qui sont parfois non optimales pour la production de vigne. Ces résultats permettront aussi de mettre en place les ressources et le matériel nécessaire à la bonne implantation puis production de ces cépages au Québec.</p>



Innovations	Résultats obtenus Nombre	Décrivez (2-3 paragraphes) chaque innovation produite, ainsi que son importance pour le groupe cible ou le secteur. Expliquez tout écart entre les résultats obtenus et les cibles. Utilisez un langage simple.
Nombre de nouvelles variétés		
Nombre de matériaux génétiques nouveaux ou améliorés		
Nombre de séquences de gènes nouvelles ou améliorées		
Nombre de connaissances améliorées		

Éléments d'information	Résultats obtenus	Donnez une référence complète pour chaque élément. Consultez les exemples de l'annexe A.
Nombre de publications avec un comité de lecture		
Nombre d'éléments d'information		
Nombre de reportages		
Nombre d'événements d'information	4	<p>Caroline Provost, Greffage de la vigne au Québec, Rencontre des membres du Réseau d'avertissement phytosanitaires (MAPAQ), Drummondville, 29 novembre 2017</p> <p>Caroline Provost, Journée portes ouvertes au vignoble expérimental du CRAM. Oka, 15 septembre 2017.</p> <p>Participation au <i>Grapevine Sector Workshop</i>, February 20th, 2018, Niagara-on-the-Lake, Ontario</p> <p>Congrès: Provost, C.. 2018. Résultats des projets de recherche « vignes suisses » et « greffage » sous le volet œnologique. Colloque cidre, vin et alcool d'ici. 27-28 mars 2018, Boucherville.</p> <p>Provost, C, and F. Dumont. 2017. Impact of grapevine grafting for hybrid varieties grown in Quebec, Canada. American Society of Enology and Viticulture 2017. Tenu à Charlottesville, Virginie, États-Unis, du 10 au 12 juillet 2017.</p>



		Indiquez le nombre de participants
Nombre de participants aux événements d'information	616	RAP vigne : 30 personnes Portes ouvertes Oka : 100 personnes 36 participants au workshop Ontario 250 participants au Colloque cidre, vin Qc 200 participants ASEV
		Indiquez le nombre de participants qui envisagent d'adopter la nouvelle innovation.
Nombre de participants aux événements d'information qui envisagent d'adopter la nouvelle innovation		Un producteur a déjà utilisé les résultats du projet pour sélectionner un cépage et un porte-greffe selon les conditions de sol qui sont retrouvées dans son vignoble. Les plants ont été implantés en 2017. De plus, les résultats de ce projet sont grandement considérés et utilisés par notre partenaire VineTech Canada (Ontario), un pépiniériste majeur dans l'est du Canada.
		Précisez le nom des personnes qui ont décroché un diplôme, le diplôme obtenu ainsi que la date d'obtention.
Nombre de personnes ayant décroché une maîtrise ou un doctorat pendant le projet		

2. Sommaire

Le sommaire comporte deux volets : les points saillants des activités et des résultats scientifiques, et les exemples de réussite. L'information peut être utilisée à des fins de communications internes et externes. Utilisez un langage simple, à l'intention d'un public général. Ne divulguez pas de renseignements confidentiels ou de nature délicate.

Points saillants – Cette section décrit les principales activités et les résultats scientifiques définitifs d'une activité ou d'un projet de manière à ce que les lecteurs puissent obtenir rapidement des renseignements sur une vaste gamme de documents sans avoir à tous les lire. Veuillez fournir un bref énoncé du problème, des renseignements généraux, une analyse concise et les conclusions clés. Longueur maximale proposée : 1 page.

La culture de la vigne est relativement récente au Québec et comporte de nombreux défis auxquels les vigneronns doivent faire face afin de produire des raisins de qualité. En effet, le climat rigoureux du Québec, la courte saison de croissance, des conditions de sols souvent trop fertiles ou mal drainés ne sont que quelques exemples de facteurs limitant le choix de cépage lors de l'établissement d'un vignoble ainsi que la rentabilité de l'entreprise. Le greffage est une pratique fréquemment utilisée afin de s'adapter à diverses problématiques rencontrées en vignoble. Le présent projet était une seconde phase à l'évaluation de l'impact du greffage pour six cépages hybrides dans les conditions pédoclimatiques québécoises. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet permettent de dresser un portrait intéressant de l'impact du greffage sur les cépages hybrides Adalmiina, Baltica, Frontenac, Frontenac blanc, Frontenac gris et Marquette. Les quatre porte-greffes (101-14, 3309,



Riparia Gloire et SO4) confèrent des attributs différents aux vignes et quelques tendances peuvent être observées. Le type de sol peut grandement influencer la croissance de la vigne et la résistance au froid, ce qui se répercute sur les rendements. L'utilisation du greffage permet à certaines combinaisons cépage/porte-greffe de mieux s'implanter et de croître dans un type de sol lourd, principalement les porte-greffes 101-14 et 3309. Le greffage a aussi eu des effets sur les rendements et les propriétés chimiques des baies, principalement dans les conditions de sol plus lourd et pour les trois Frontenac. Toutefois, malgré une tendance d'une plus faible maturité du raisin notée avec les analyses chimiques sur moût pour certains systèmes racinaires, comme le pied franc pour les Frontenac, les différences entre les porte-greffes disparaissent durant le processus de fermentation. Cependant, l'analyse sensorielle des vins produits a démontré que les vins issus des plants greffés sur 101-14, 3309 et Riparia Gloire sont souvent plus appréciés, surtout par rapport au pied franc.

Exemples de réussite – Un exemple de réussite présente un résultat important ou une étape clé. Il vise à montrer les réalisations dans le domaine de la recherche appliquée. L'accent est mis sur les résultats de la recherche, les transferts réussis de technologies, le potentiel de commercialisation et/ou les répercussions possibles. Un exemple de réussite ne constitue pas un rapport d'étape pour chaque activité (longueur maximale proposée : 2-3 paragraphes).

L'utilisation du greffage pour les cépages hybrides américains n'est pas une pratique commune. Ce projet la poursuite de divers projets qui évaluent pour la première fois le greffage pour ces cépages dans les conditions de l'est du Canada, et même le nord-est américain. Ainsi, les résultats sont très importants pour plusieurs acteurs du secteur, dont les producteurs, les pépiniéristes, les agronomes, conseillers et chercheurs. Les résultats obtenus sont très appliqués et sont déjà utilisés par divers intervenants. Les principaux résultats applicables sont présentés à la section 5, leçons apprises.



3. Objectifs/Résultats (vous pouvez utiliser un langage technique pour cette section)

Veillez fournir un bref résumé qui comprend une introduction, les objectifs, l'approche ou la méthodologie utilisée, les produits livrables et les résultats attendus, les résultats obtenus, une discussion, ainsi que les étudiants au doctorat ou à la maîtrise ayant été recrutés pour ce projet.

INTRODUCTION

La culture de la vigne est relativement récente au Québec, et comporte de nombreux défis auxquels les vignerons doivent faire face afin de produire des raisins de qualité. En effet, le climat rigoureux du Québec, la courte saison de croissance, des conditions de sols souvent trop fertiles ou mal drainés ne sont que quelques exemples de facteurs limitants le choix de cépage lors de l'établissement d'un vignoble. Les conditions de cultures particulières à notre climat limitent le choix de cépages pouvant être utilisés, les vignerons étant souvent restreints aux cépages présentant une bonne tolérance aux gels hivernaux et printaniers ainsi que ceux qui sont en mesure d'atteindre la maturité optimale des baies à la fin de la saison (Zerouala 2010). Le nombre de jours sans gel ainsi que l'accumulation limitée de degré-jours restreignent le choix des cépages disponibles pour assurer une maturité optimale des raisins (Barriault, 2012). L'utilisation de cépages plus hâtifs et plus adaptés à notre saison de culture demeure une solution privilégiée, mais certaines années où les conditions climatiques sont moins favorables, ces cépages tardent à atteindre leur maturité optimale. Les conditions climatiques limitent donc les choix de cépages ayant un potentiel de pouvoir atteindre leur maturité sous notre climat, en particulier les cépages rouges, qui ont besoin de chaleur entre la véraison et le moment de la récolte (Barriault 2011). Au Québec, les sols ont souvent comme particularité une fertilité trop élevée pour la culture de la vigne. Les sols fertiles favorisent le développement végétatif et résultent en une trop grande vigueur des plants de vigne au détriment de la qualité des raisins produits (Galet 2000). En effet, il a été démontré que si la vigne est trop vigoureuse, les raisins ont de la difficulté à compléter le processus de maturation et le raisin produit n'est pas à son potentiel optimal. De plus, les éléments retrouvés dans le sol peuvent grandement affecter les plants de vigne, comme toute autre plante. Plusieurs carences en éléments sont observées dans différents types de sols. Par exemple, la vigne est une plante exigeante en magnésium, des conditions de sol trop acide ou une quantité trop importante de potassium dans les sols peut conduire à des carences en cet élément (Avenard *et al.* 2003; Barriault 2011; Galet 2000). Certains cépages, tels que La Crescent, Baltica et les Frontenac sont d'ailleurs particulièrement sensibles aux carences en magnésium (Dubé et Turcotte 2011). Une autre spécificité des sols québécois est la quantité d'eau présente. En effet, la culture de la vigne demande des sols qui se drainent bien, car les racines de la vigne sont très sensibles à l'asphyxie et tout excès d'eau occasionne de mauvais enracinements, une croissance anormale et de faibles rendements (Avenard *et al.* 2003; Galet 2000). De plus, lorsque l'humidité du sol est excessive, la qualité des baies s'en trouve diminuée, l'aoûtement de la vigne est plus difficile et les plants de vigne sont plus sensibles aux gels, aux maladies racinaires (dépérissement des plants) et à la tumeur du collet (*Agrobacterium vitis*) (Avenard *et al.* 2003; Barriault 2011; Galet 2000).

L'utilisation de porte-greffes américains est une pratique largement utilisée en Europe depuis le début des années 1900, puisque les porte-greffes américains confèrent aux *Vitis vinifera* une résistance au phylloxera (puceron indigène à l'Amérique du Nord introduit en Europe vers les années



1860) (Cousins 2005). Depuis quelques années, plusieurs recherches ont été effectuées, entre autres en Colombie-Britannique, Ontario, New York et Missouri, afin d'évaluer les avantages de l'utilisation de porte-greffes pour les cépages rustiques utilisés en climat froid (Bates et al. 2003; Cousins et Bates 2003; McCraw et al. 2005; Reynolds et Wardle 2001). Divers porte-greffes sont disponibles et chacun possède ses caractéristiques particulières (Cousins 2005; Wolpert 2005). Il a été démontré que l'utilisation de porte-greffes a une influence sur la vigueur selon le porte-greffe utilisé (Reynolds et Wardle 2001; McCraw et al. 2005) puisque c'est le système racinaire qui fournit à la plante l'eau et les minéraux essentiels à sa croissance et que c'est dans celui-ci que la majorité des réserves nutritionnelles sont emmagasinées lors de la saison hivernale (Bates 2005). Certains porte-greffes permettent de raccourcir le temps de croissance de la vigne et assurent la maturation optimale du cépage greffé (Bates 2005). L'utilisation de porte-greffe aurait aussi un impact sur la production et la qualité du vin. Des essais démontrent qu'il y a une importante interaction entre les cépages et les porte-greffes en ce qui concerne le rendement, l'accumulation des sucres dans les baies, la composition chimique des baies et les arômes (Climaco et al. 1999; Krstic 2005; McCraw et al. 2005; Reynolds et Wardle 2001). Krstic et al. (2005) ont démontré, pour les cépages Chardonnay et Shiraz, que le porte-greffe influençait le rendement en raisin, sa maturation en fin de saison, certains porte-greffes permettent une récolte une semaine plutôt, ainsi que la qualité des vins produits (appréciation globale par un panel). De façon globale, les meilleurs résultats étaient obtenus avec le porte-greffe 101-14 et 116-60. Il a aussi été démontré que l'interaction cépage/porte-greffe a une influence importante sur les rendements, l'accumulation des sucres, l'acidité titrable et le pH dans le raisin (Climaco et al. 1999). L'étude de Reynold et Wardle (2001) obtient des résultats plus variables et les résultats des plants greffés sont souvent similaires à ceux des plants non greffés.

Le CRAM a mis en place en 2013 un projet visant à évaluer diverses combinaisons cépages/porte-greffes dans deux types de sols. Les deux premières années d'essais de ce projet ont permis de noter quelques tendances intéressantes qui demandaient à être plus approfondies. Certains porte-greffes ont présenté une meilleure compatibilité avec les greffons, soient le 3309 et le SO4, pour la majorité des cépages. Le type de sol peut influencer les dommages causés par le gel hivernal, la vigueur, la croissance des plants et l'aoûtement. L'aoûtement est aussi affecté par le porte-greffe. En sol plus léger, le porte-greffe conférant le plus de vigueur est le 3309, tandis qu'en sol lourd, les porte-greffes 3309 et 101-14 sont les plus vigoureux. L'utilisation de porte-greffes a démontré un effet positif sur l'absorption des éléments du sol par la vigne. Les résultats de ces deux premières années sont préliminaires, car le système racinaire peut prendre plus de temps à s'implanter pour certains porte-greffes (Provost et al. 2014). Ainsi, le présent projet se veut une suite permettant de poursuivre la collecte d'informations sur le greffage des cépages hybrides. L'objectif général de cette activité vise à évaluer l'utilisation du greffage comme technique pour l'adaptation des cépages hybrides rustiques aux conditions pédoclimatiques de l'est du Canada. Les objectifs spécifiques de cette deuxième phase d'un projet global (débuté en 2012) sont: 1) évaluer l'impact des porte-greffes sur la maturation des baies; 2) déterminer l'effet des porte-greffes sur le rendement des cépages hybrides; et 3) caractériser les propriétés chimiques des baies à la récolte pour différents porte-greffes; 4) définir l'effet des porte-greffes sur les propriétés organoleptiques des vins produits.



MÉTHODOLOGIE

Dispositif expérimental

Le projet d'évaluation des divers types de combinaisons de cépage/porte-greffe est mené au vignoble expérimental du CRAM, établi à l'Abbaye d'Oka, (Oka, Québec, Canada) dans les Basses-Laurentides. Les plants de vigne des différentes combinaisons de greffon/ porte-greffe (24 combinaisons + 6 sur pied franc) ont été produits en 2012 par VineTech Canada (Ontario). Les plants obtenus ont été transplantés dans les deux types de sols durant la saison 2013. Trente combinaisons de cépages et de porte-greffes ont été évaluées dans le cadre du présent projet. Quatre porte-greffes (3309 C, SO4, Riparia Gloire, 101-14) ont été sélectionnés dans le cadre de cet essai pour leurs caractéristiques potentiellement intéressantes qui permettaient l'adaptation des cépages rustiques aux conditions pédoclimatiques spécifiques du Québec (adaptation aux sols lourds, précocité, facilité d'absorption du magnésium, faible vigueur, etc.). Six cépages (Frontenac (rouge), Frontenac blanc, Frontenac gris, Adalmiina, Baltica et Marquette) ont été greffés aux quatre types de porte-greffes, en plus d'avoir un témoin pied franc. Les cépages ont été choisis en fonction de leur fort potentiel cultural et œnologique dans l'optique d'évaluer l'influence du porte-greffe sur la maturité et la qualité des baies produites par ceux-ci.

Le dispositif expérimental était composé de 4 réplicats pour chacune des combinaisons de greffon/porte-greffe (six cépages/ cinq systèmes racinaires, soit un total de 30 combinaisons différentes). Ces 30 combinaisons ont été implantées en blocs aléatoires complets, ce qui résulte en 120 parcelles par type de sol. Chaque réplicat est constitué de 8 plants de vigne, pour un total de 32 plants de vigne par type de sol. Ce dispositif a été répété pour les deux types de sols, soit pour un sol loameux graveleux avec un drainage efficace, ainsi que pour un sol argileux peu perméable et dont le drainage est plus faible.

Protocole

Volet agronomique

Les divers paramètres ont été notés durant les saisons de croissance 2015 et 2016. Les observations ont été effectuées sur les 6 plants centraux de chacune des parcelles (120 parcelles/type de sol). Lors de la prise de données, les observations pour les deux champs étaient complétées dans un intervalle de 2 jours afin d'éviter des différences dans les paramètres observés dues à l'échelle du temps. Les paramètres mesurés sont:

- Le développement végétatif : stades BBCH observés une fois par semaine
- la croissance des plants : longueur en cm du sarment le plus développé et diamètre du tronc notés 2 fois durant la saison
- l'absorption des nutriments : apparition de carence (présence/absence une fois par 2 semaines, puis intensité de la carence 2 fois durant la saison) en magnésium, azote et manganèse
- la présence d'insectes : observation visuelle 1 fois par 2 semaine, cicadelle, altise et phylloxera
- la présence de maladies : observation 1 fois par 2 semaines (présence/absence), puis intensité de la maladie 2 fois durant la saison, mildiou, anthracnose, pourriture noire, rougeot, blanc



- l'évaluation des dommages de gel hivernal et printanier : observation des bourgeons au printemps pour le gel hivernal, il n'y a pas eu de gel printanier en 2015 et 2016
- l'aoûttement : collecte des données à deux reprises, soit au début de l'aoûttement (mi-septembre) et lorsque le processus d'aoûttement fut terminé (début novembre)
- les rendements : à la récolte, les paramètres suivants ont été notés: nombre de grappes/plant, poids des grappes, poids total des grappes/plant
- les paramètres chimiques : à la récolte, des analyses chimiques ont été effectuées (pH, acidité titrable, °Brix, azote assimilable (azote aminé et ammoniacal), potassium, masse volumique, acides).

Volet œnologique

Le volet œnologique est dirigé par les œnologues M. Richard Bastien et M. Jérémie d'Hauteville, d'Oenoquébec, et est réalisé par l'œnologue du CRAM, M. Richard Kamal. Toutes les analyses chimiques prévues dans le protocole de recherche sont effectuées par le laboratoire Oenoscience.

Le moment optimal de récolte a été déterminé à l'aide du suivi de maturité effectué en fin de saison. Des vins ont été produits pour chacune des combinaisons séparément selon des protocoles standards de vinification établis pour les deux types de vins, blanc et rouge (voir le détail en Annexe 1). Des analyses chimiques ont été effectuées sur le moût, à la fin de la fermentation alcoolique et à la fin de la fermentation malolactique (ex: pH, acidité titrable, Brix, azote assimilable (azote aminé et ammoniacal), potassium, masse volumique, acides...). À la fin du processus de vinification, le vin a été embouteillé et est conservé pour 5 ans. Des dégustations à l'aveugle annuelles ont été effectuées par une équipe d'experts (sommeliers et œnologues) et des gens non experts afin d'évaluer les vins produits.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R.

Développement de la vigne

Un modèle généralisé linéaire (GLM) pour distribution Poisson a été utilisé pour tester l'effet du type de porte-greffe sur la date (en semaine) de débourrement (stade 9) et d'atteinte du stade « 3 feuilles » (stade 13). Chaque cépage a fait l'objet d'une analyse indépendante pour chacun des types de sols.

Carences

L'effet du type de porte-greffe sur les carences en magnésium, azote et manganèse a été testé à l'aide d'un modèle généralisé linéaire (GLM) pour distribution binomial (carence observée ou non). Chaque cépage a été analysé séparément pour chacun des types de sols.

Maladies et insectes

Un modèle généralisé linéaire (GLM) pour distribution binomial a été utilisé pour tester les effets du type de porte-greffe sur la présence des différentes maladies. Tous les cépages ont été testés séparément pour chacun des types de sols.



Gel

La survie des bourgeons après la saison hivernale en fonction du type de porte-greffe a été testée à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA). Chaque cépage a été analysé individuellement pour chacun des types de sols.

Longueur et diamètre des ceps

Des analyses de variance (Anova) ont été utilisées pour tester l'effet du type de porte-greffe sur la longueur et le diamètre des ceps. Les cépages ont fait l'objet d'analyses séparées pour chacun des types de sols.

L'aoûtement

Un modèle généralisé linéaire (GLM) pour distribution poisson a été utilisé pour tester l'effet du type de porte-greffe sur l'aoûtement (en mm) au début et à la fin du processus. L'analyse a été faite séparément pour chacun des cépages pour chacun des types de sols.

Rendements

Des analyses de variance (Anova) ont été utilisées pour tester l'effet du type de porte-greffe sur le poids des grappes, le poids des baies, le poids par plant et le nombre de grappes. Les cépages ont fait l'objet d'analyses séparées pour chacun des types de sols.

Analyses chimiques

Des analyses de variance (Anova) ont été utilisées pour tester l'effet du type de porte-greffe sur les divers paramètres de l'analyse chimique. Les cépages ont fait l'objet d'analyses séparées pour chacun des types de sols.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Développement de la vigne

Le développement de la vigne a été peu affecté par l'utilisation des porte-greffes. Pour tous les cépages, le type de porte-greffe n'avait pas d'effet sur la date d'atteinte du stade « 3 feuilles » (stade BBCH 13) en 2017. Le stade « 3 feuilles » est généralement atteint vers la troisième semaine de mai, ce qui a été le cas pour tous les cépages à part Adalmiina qui tient une semaine de retard par rapport aux autres cépages (Figure 1A et B). Le cépage Baltica quant à lui devance nettement la croissance des autres par au moins une semaine et gardera cette avance jusqu'au stade BBCH 61, la floraison (Figure 2A et B). Après cette date, Adalmiina rattrape le cycle de Baltica et à la fin de la saison les deux seront vendangés ensemble. Ainsi, le développement de la vigne est directement relié aux caractéristiques du greffon et les observations correspondent au développement prévu pour ces cépages. Ceci a aussi été observé par Howell (2005), donc le greffage n'a pas d'effet sur la phénologie des vignes hybrides interspécifiques.

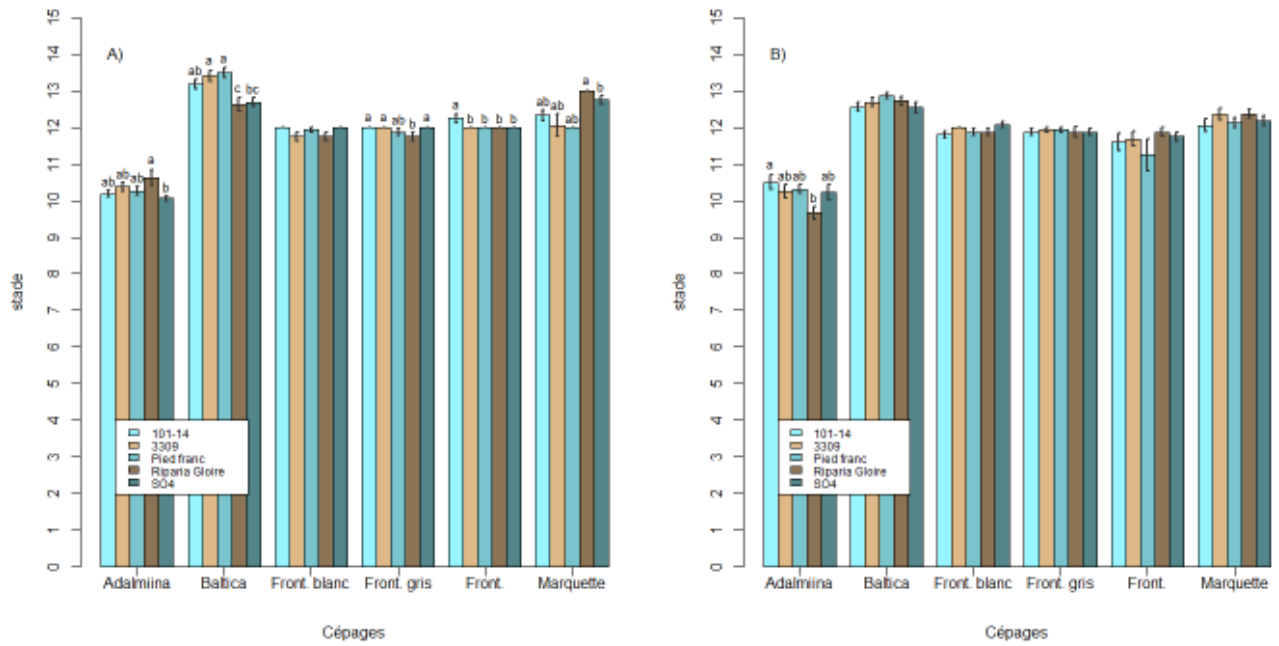


Figure 1 : Stade de développement atteint par chaque cépage en date du 22 mai 2017 sur deux types de sol : A) sol loam graveleux et B) sol lourd.

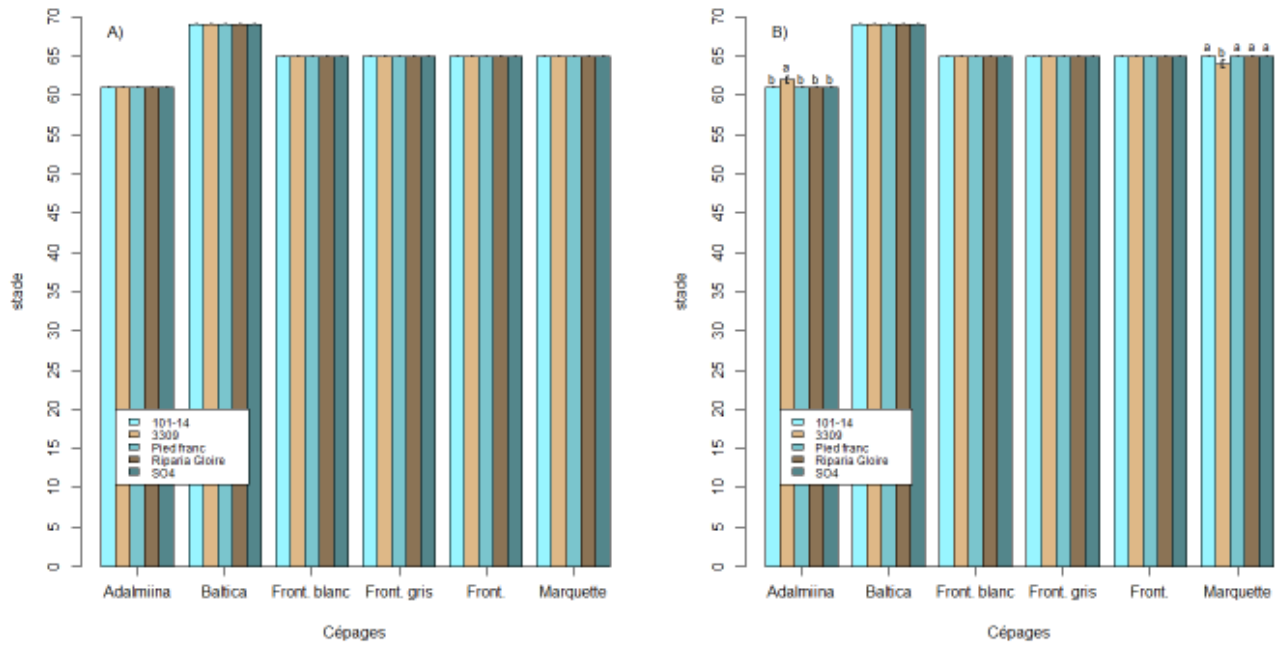


Figure 2 : Stade de développement atteint par chaque cépage en date du 19 juin 2017 sur deux types de sol : A) sol loam graveleux et B) sol lourd.



Résistance au gel hivernal

En 2017, l'effet du porte-greffe sur le gel hivernal a été observé sur le Frontenac blanc en sol loam graveleux et sur Adalmiina en sol lourd (Figure 3A et B). Pour le Frontenac blanc, le porte-greffe SO4 a eu plus de mortalité que les autres (p -value = 0.003) tandis que sur sol lourd, ce sont les bourgeons du cépage Adalmiina greffé sur Riparia Gloire qui ont moins bien survécu (p -value = 0.05).

Globalement, le porte-greffe a peu d'effet sur la résistance au gel hivernal pour plusieurs cépages, mis à part les différences qui ont été notées. Il est donc difficile de dresser un portrait constant. De façon générale, nous avons observé davantage de dommages de gel dans la parcelle implantée dans le sol lourd que dans le sol loam graveleux, le même effet a été observé en 2015 et 2016. Le type de sol peut influencer les dommages causés par le gel hivernal en affectant la croissance de la vigne et notamment l'aoûttement en fin de saison. Une vigne moins bien aoûtée est plus fragile lors des gels l'hiver résultant en un taux de dommage plus élevé en conditions de sol moins favorables.

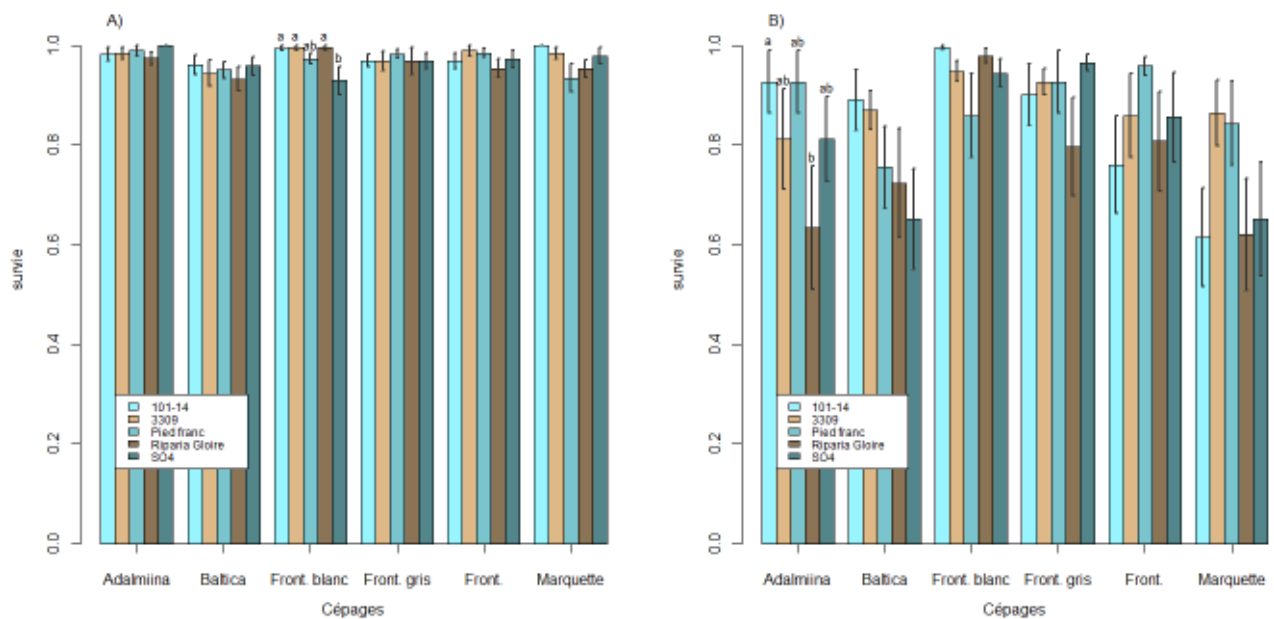


Figure 3 : Taux de survie des bourgeons au gel hivernal 2017 sur deux types de sol : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Croissance de la vigne

En 2017, les porte-greffes ont eu un effet sur la croissance de certains cépages et ce tant en sol loam graveleux qu'en sol lourd (Figure 4A et B). En sol loam graveleux, le cépage Adalmiina greffé sur SO4 et pied franc avait des sarments significativement plus longs que sur Riparia Gloire (p -value = 0.01). Le cépage Baltica greffé sur le porte-greffe SO4 avait des sarments significativement plus longs comparativement à tous les autres porte-greffes (p -value < 0.001). En sol lourd, les plants de Baltica greffés sur 101-14, 3309 et SO4 avaient une meilleure croissance que sur pied franc et Riparia Gloire (p -value < 0.001). La croissance des plants de Frontenac gris greffés sur le SO4 était aussi plus élevée que pour les plants greffés sur 101-14 (p -value = 0.07). Pour le cépage Marquette, la longueur des



sarments des plants greffés sur SO4 était supérieure à ceux greffés sur Riparia Gloire (p -value = 0.001). Enfin, les sarments les plus longs sur Frontenac blanc sont ceux sur les ceps plantés francs de pied comparativement aux ceps greffés sur 101-14 (p -value = 0.0006).

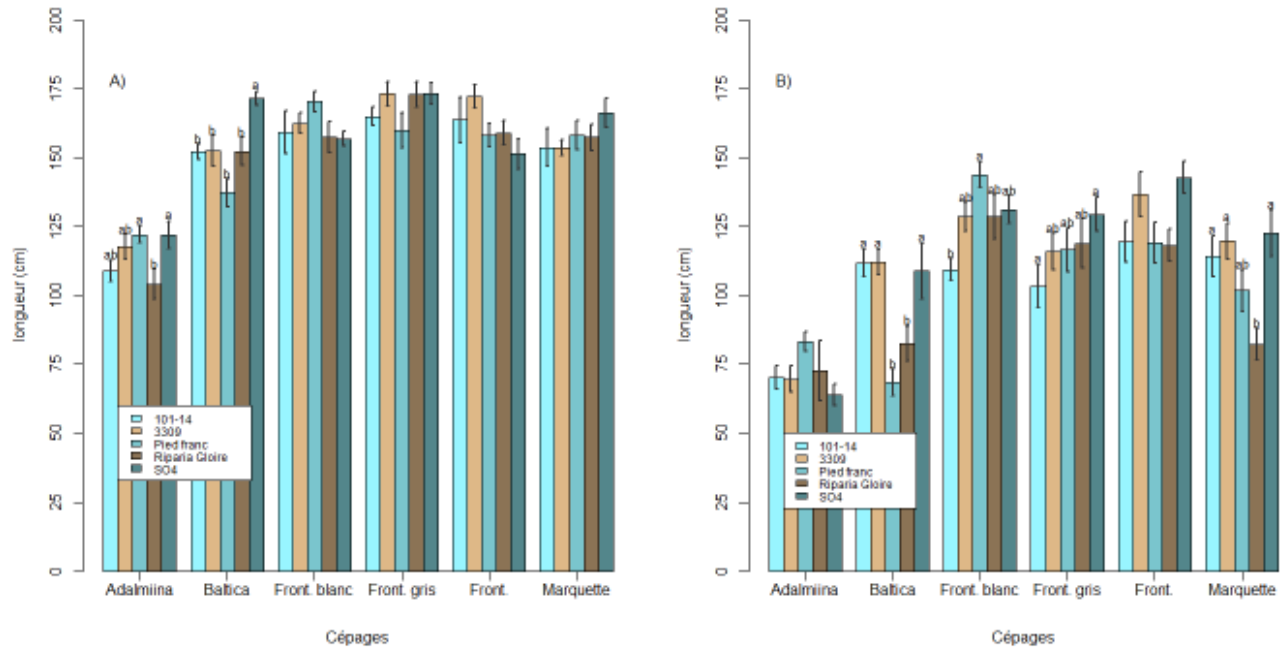


Figure 4 : Longueur des sarments pour chaque cépage sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

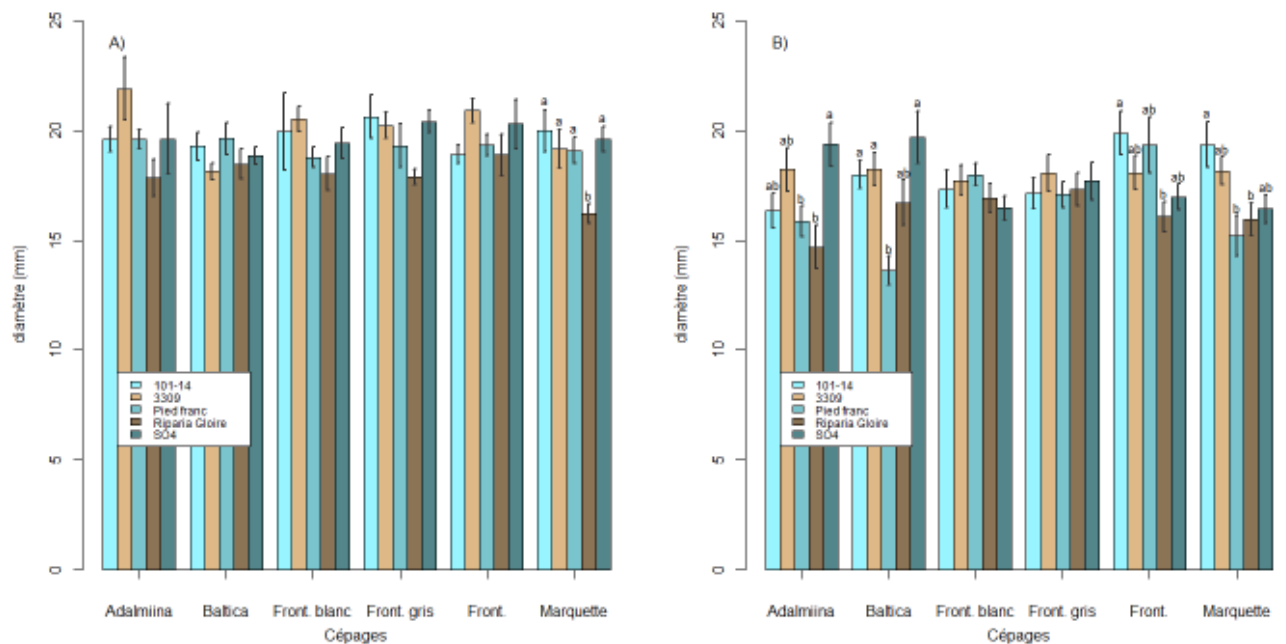


Figure 5 : Diamètre du tronc pour chaque cépage sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.



Les porte-greffes ont aussi eu un effet sur le diamètre des troncs sur les deux types de sols en 2017 (Figure 5A et B). Par contre, sur sol loam graveleux, des observations significatives ont été repérées que sur le Marquette (p-value= 0.002). Les ceps plantés sur Riparia Gloire disposent en moyenne d'un tronc de 16 mm, inférieur au 19 mm retrouvé sur les autres troncs. L'effet du porte-greffe sur sol lourd a aussi été observé. Les diamètres les plus gros sur Adalmiina (p-value = 0.003) et Baltica (p-value < 0.001) ont été retrouvés sur les porte-greffes SO4 tandis que c'est le porte-greffe 101-14 qui confère les diamètres les plus élevés pour Frontenac noir (p-value = 0.019) et Marquette (p-value = 0.003).

Les divers porte-greffes attribuent une influence différente sur la vigueur des cépages greffés (Cousins 2005; Wolpert 2005). Suite à l'implantation en 2013, en sol plus léger (loameux graveleux), le porte-greffe 3309 était celui qui conférait généralement le plus de vigueur aux plants greffés, tandis que les porte-greffes 101-14 et Riparia Gloire réduisaient le plus la vigueur lors de la première saison. Pour les saisons 2015, 2016 et 2017, où les vignes sont mieux établies, il est difficile de dresser un portrait clair des effets des porte-greffes sur la croissance des ceps. Il faut considérer aussi que les plants sont bien établis et que les porte-greffes devraient avoir moins d'impact sur la croissance de la vigne. Selon la littérature, les porte-greffes 3309, 101-14 et SO4 seraient des porte-greffes de vigueur moyenne, tandis que Riparia Gloire serait un porte-greffe de faible vigueur, ce que nous avons observé suite à l'implantation et qui est toujours noté pour certains cépages, mais qui est moins présent avec la progression en âge de la vigne.

En sol lourd, les porte-greffes conférant une plus grande vigueur en 2013 et 2014 étaient le 3309 et le 101-14, la croissance des plants avec ces porte-greffes était souvent plus élevée. Ces résultats ont aussi été observés en 2015, 2016 et 2017 avec la mesure du diamètre du tronc. Le porte-greffe 101-14 est un porte-greffe qui serait mieux adapté aux sols lourds. Selon les sources, bien que le porte-greffe 3309 serait adapté à divers types de sols, il faudrait éviter les sols mal drainés (Cousins 2005; Wolpert 2005). Selon nos observations, le porte-greffe 3309 et SO4 se sont bien développés dans les conditions de sols argileuses et mal-drainées. Le porte-greffe Riparia Gloire, tel qu'observé aussi dans le type de sol plus léger, est le porte-greffe offrant le moins de vigueur et de croissance des plants pour tous les cépages.

Les résultats obtenus depuis de début du projet (2013) concernant la croissance des plants démontrent que pour tous les cépages confondus, on observe une baisse de vigueur lorsqu'elles sont implantées en sol lourd. Bien que certains porte-greffes montrent une meilleure adaptation aux sols lourds que d'autres, plusieurs subissent une baisse notable de vigueur. La vigne étant une plante préférant des sols bien drainés, ceci confirme que même en utilisant des porte-greffes mieux adaptés aux conditions de sols plus difficiles (sol lourd, argileux, mal drainé), ces mêmes plants se développent mieux en conditions de sols plus optimales pour la culture de la vigne.

Absorption des nutriments

L'effet des porte-greffes sur l'état nutritif des vignes en 2017 est très similaire à ce qui a été observé dans les années précédentes. La principale carence observée est celle en magnésium, les carences en azote et en manganèse étaient absentes.

Carences en magnésium

Sur les deux types de sols, Adalmiina a démontré très peu voir aucun symptôme de carence magnésienne en 2017 (Figure 6A et B). Autant en sol loam graveleux qu'en sol lourd, les plants des trois Frontenac plantés francs de pied et sur le porte-greffe SO4 ont été les plus sévèrement affectés par la carence en magnésium (p -value < 0.001 pour chacun). Le porte-greffe ayant le moins de carence en magnésium (et parfois même aucun signe de carence) pour les trois Frontenac est le 3309. En sol loam graveleux, pour le Baltica et le Marquette, ce sont les combinaisons de greffage avec le SO4 qui démontrent le plus de symptômes de carence magnésienne (p -value < 0.001 dans chaque cas). En sol lourd, le Frontenac noir sur SO4 se distingue des francs de pied en démontrant une carence plus élevée (p -value < 0.001). Pour les cépages Baltica et Marquette, les combinaisons Riparia Gloire et SO4 sont en moyenne les plus carencées (p -value = 0.0002 et p -value = 0.005 respectivement). Pour ces deux cépages, les carences les plus faibles en sol lourd sont 101-14 et pied franc.

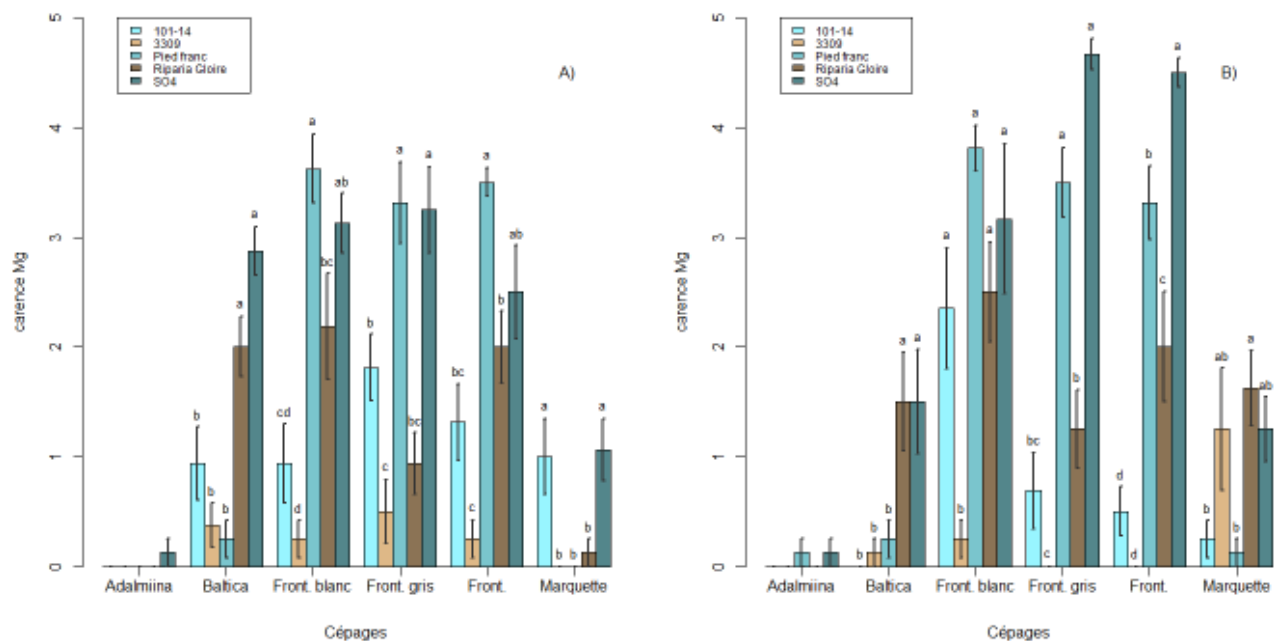


Figure 6 : Carence en magnésium observée en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Ainsi, nous avons noté que les carences en magnésium se retrouvent plus fréquemment sur les cépages Frontenac, mais les autres cépages ont aussi démontré des symptômes de carences. La carence en magnésium est une carence qui est fréquente dans la culture de la vigne, et plusieurs cépages sont particulièrement exigeants en cet élément (Barriault, 2011; Dubé et Turcotte 2011). De façon globale, le greffage permet d'améliorer l'absorption du magnésium pour plusieurs cépages, dont les trois Frontenac. Les porte-greffes les plus efficaces pour l'absorption du magnésium (donc qui ont moins de carence comparativement au pied franc) sont le 3309, 101-14 et dans quelques cas le Riparia Gloire. Ces résultats ont aussi été notés durant les saisons précédentes. Dans le cas du cépage Marquette, la situation inverse est observée, soit qu'il y a plus de carence en magnésium sur le porte-greffe SO4 que sur pied franc. Ces résultats concordent avec les descriptions des porte-



greffes retrouvées dans la littérature, où les porte-greffes qui sont reconnus pour absorber plus facilement le magnésium seraient le 3309 et le 101-14, tandis que les porte-greffes Riparia Gloire et SO4 assimileraient le magnésium moins facilement (Cousins 2005; Wolpert 2005).

Carences en azote

La carence en azote n'a pas été observée fréquemment durant la saison de croissance. La fertilité des deux types de sols et les précipitations régulières durant la saison ont assuré une croissance uniforme et une biodisponibilité de l'azote sur une base régulière.

Incidence des maladies

L'effet du greffage sur les maladies de la vigne est davantage un effet indirect relié à la croissance et la vigueur de la vigne. La tolérance aux maladies est directement reliée aux propriétés du greffon, et le porte-greffe ne confère pas des propriétés de résistance à certaines maladies. Ces trois années d'observation ont été effectuées en croissance active de la vigne avec des plants bien établis. Une surface foliaire dense occasionne une mauvaise circulation de l'air et le développement de maladies est plus propice. Ainsi, le porte-greffe peut affecter la vigueur de la vigne qui pourrait avoir une incidence sur la présence des maladies fongiques. Toutefois, les résultats obtenus doivent tenir compte de ce contexte plutôt que d'un effet de protection ou de résistance que le porte-greffe apporterait au plant de vigne. **Donc les résultats présentés sont à considérer avec précaution.**

De très faibles niveaux de mildiou ont été observés en 2015, 2016 et 2017. Pour les trois saisons, le porte-greffe n'avait pas d'effet sur l'incidence du mildiou pour tous les cépages aussi bien en sol loam graveleux qu'en sol lourd. En 2017, aucun signe d'antracnose n'a été noté sur les plants de vigne. De très faibles niveaux d'intensité de pourriture noire et de pourriture grise ont été notés durant la saison de croissance 2017. Toutefois, peu de vignes ont été affectées par ces deux maladies et aucun effet du système racinaire n'a été observé.

Incidence sur les insectes

Les résultats concernant les insectes sont généralement moins liés aux porte-greffes qu'au greffon. Cependant, la présence des éléments nutritifs dans la plante peut être une source d'attraction pour les insectes, ces derniers seront davantage attirés par des plantes ayant les éléments nutritifs qu'ils ont besoin que d'autres éléments moins nécessaires à leur développement. Ainsi plusieurs éléments pourraient affecter indirectement la présence des insectes sur les plants de vigne, ces derniers n'étant pas nécessairement reliés au système racinaire (porte-greffe). De plus, **les faibles populations d'insectes dans le vignoble nous incitent à prendre ces résultats avec précautions.** À notre connaissance, aucun lien n'a encore été établi entre un porte-greffe et la présence des insectes.

Cicadelles

En 2017, tous les ceps ont été touchés par la cicadelle de façon homogène, et ce sur les deux types de sols. Aucun effet du porte-greffe n'a été observé étant donné que chaque cépage a été atteint avec une même sévérité. Ce ravageur a été repéré dans la quasi-totalité des vignobles québécois et n'est pas un phénomène exclusif à nos parcelles. L'importance de la présence des populations de



cicadelles dans le vignoble québécois en 2017 est un phénomène particulier à ce millésime et, basée sur nos observations des années précédentes, ne risque pas d'être reproduite annuellement.

Phylloxera

En 2017, le phylloxera n'a pas joué un rôle très important en tant que ravageur sur les vignes étudiées. Sur sol loam graveleux, des galles ont été observées, mais que sur le cépage Baltica. En sol lourd, tous les cépages ont été affectés similairement, mais par une intensité peu élevée.

Rendements

Rendement par plant (poids total des grappes)

Le rendement des vignes a été affecté par le système racinaire, et ce pour plusieurs cépages (Figure 7A, 7B). En sol léger, Adalmiina avait un rendement par plant plus élevé sur 3309 que sur pied franc (p-value = 0.01) (Figure 7A). Les ceps de Baltica planté sur 101-14 et SO4 ont un poids total significativement inférieur à ceux greffés sur Riparia Gloire et 3309 (p-value < 0.0001). Les ceps de Baltica ont aussi produit un rendement moyen par plant inférieur à 2 kg, le moins élevé parmi les cépages à l'étude. Dernièrement, les individus de Frontenac blanc greffés sur SO4 ont produit un rendement inférieur à ceux plantés franc de pied (p-value = 0.04). Il est intéressant de noter que, de façon générale, le porte-greffe SO4 diminue toujours le rendement total des ceps sur sol léger. Nous avons observé des différences significatives pour les cépages Adalmiina, Baltica, Frontenac blanc et noir plantés sur sol lourd (Figure 7B). De plus, non seulement est-ce que ces mêmes observations ont aussi été enregistrées pour le millésime 2016, mais l'influence des porte-greffes est similaire pour chaque combinaison cépages/porte-greffes dans les années 2016 et 2017. Plus particulièrement, pour Adalmiina, les ceps plantés francs de pied ont un rendement plus élevé que ceux greffés à Riparia Gloire (p-value = 0.04). Les porte-greffes 101-14 et 3309 plantés avec Baltica donnent un poids total plus élevé que les ceps plantés francs de pied ainsi que ceux plantés sur SO4 (p-value < 0.0001). Ensuite, Frontenac blanc planté franc de pied double sa production par rapport aux individus greffés sur 101-14 (p-value = 0.0002). Pareillement, Frontenac noir planté franc de pied double presque son rendement par rapport aux individus plantés sur 101-14 et SO4 (p-value = 0.005).

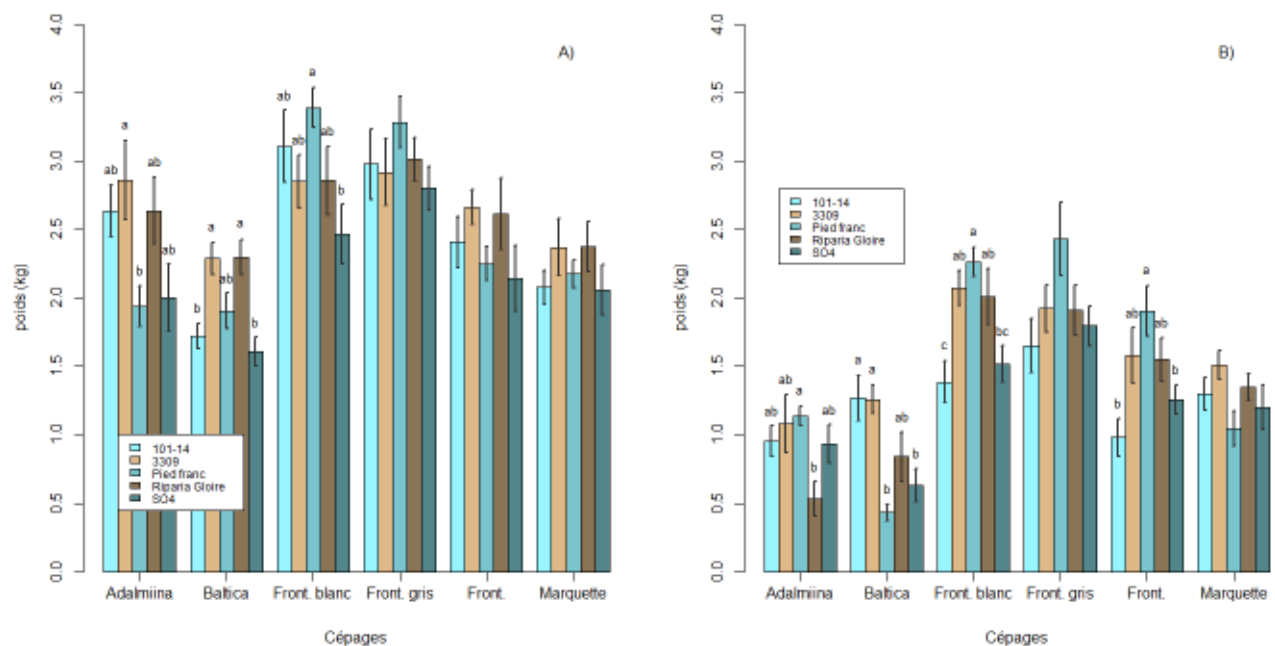




Figure 7 : Rendement par plant (en kg) en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Le rendement total observé sur nos parcelles est comparable à ce qui a été relevé dans d'autres études avec des cépages hybrides. Toutefois, les rendements des hybrides sont souvent inférieurs à celui des *Vitis viniferas*. Ce contraste peut être dû à plusieurs paramètres dont le choix des cépages, le système de conduite et le millésime en question. En tenant compte de ces paramètres, il est autant normal d'observer des rendements beaucoup plus élevés (Main, Morris, & Striegler, 2002; Reynolds & Wardle, 2001; Sun, Sacks, Lerch, & Vanden Heuvel, 2011) que des rendements comparables (Morena Luna, Reynolds, & Di Profio, 2017) avec nos résultats, et ce pour des hybrides et des espèces du genre *Vitis*. L'effet millésime n'a pas été étudié ici, par contre, il y a une croissance non négligeable des rendements pour les années 2015, 2016 et 2017. Cette croissance n'est pas nécessairement expliquée par un effet millésime, mais peut-être plutôt par l'adaptation annuelle des vignes après implantation.

Poids par grappe

Sur sol léger, Adalmiina a en moyenne produit les grappes les plus lourdes (97.02 g) tandis que Baltica a produit les grappes les plus légères (52.8 g) (Figure 8A). De plus, tous les cépages, à part le Marquette, ont produit des différences significatives au niveau du poids des grappes en vertu de l'interaction des porte-greffes. Les ceps de Adalmiina franc de pied et ceux greffés sur SO4 ont produit des grappes moins lourdes que les individus plantés sur les trois autres porte-greffes (p -value < 0.0001). Les porte-greffes 3309 et SO4 ont respectivement produit les grappes les plus lourdes et les moins lourdes pour Baltica tandis que les plants de Baltica plantés franc de pied s'insèrent entre les deux (p -value < 0.0001). Pour les Frontenac blanc (p -value = 0.0014) et gris (p -value = 0.028), les porte-greffes SO4 et 101-14 respectivement ont chacun influencé à la baisse le poids des grappes alors que ces mêmes individus plantés francs de pied produisent les grappes les plus lourdes. Enfin, Frontenac noir greffé sur 3309 s'oppose aux individus plantés sur SO4 qui produisent les grappes les plus légères (p -value = 0.02).

En sol lourd, tel qu'en sol léger, Baltica greffé à 3309 produit des grappes plus lourdes que lorsque planté franc de pied ou greffé à SO4 (p -value = 0.0002) (Figure 8B). Les ceps de Frontenac blanc greffés à 101-14 développent des grappes moins lourdes que ceux plantés franc de pied ou greffés sur 3309 (p -value < 0.0001). Les Frontenac noir plantés francs de pied forment aussi les grappes les plus lourdes tandis que les ceps greffés à SO4 produisent les moins lourdes (p -value = 0.05). En terminant, Marquette planté sur Riparia Gloire développe des grappes plus lourdes que lorsque planté franc de pied ou sur 101-14 (p -value = 0.02).

Nos résultats concernant les paramètres liés au rendement démontrent qu'il y a des différences significatives entre les ceps greffés et les ceps plantés francs de pied. Dans plusieurs cas, l'interaction des porte-greffes 101-14 et 3309 avec le greffon se distingue du trio Riparia Gloire, SO4 et pied franc. Les porte-greffes ont donc un impact sur ces paramètres liés au rendement des hybrides interspécifiques utilisés lors de ce projet. Des observations similaires notant des impacts des porte-greffes sur des greffons issus de cépages hybrides et de *V. vinifera* sont confirmées dans la littérature

pour des études faites ailleurs au Canada (Morena Luna, Reynolds, & Di Profio, 2017; Reynolds & Wardle, 2001; Reynolds A. , Wardle, Cliff, & King, 2004), aux États-Unis (Main, Morris, & Striegler, 2002; Wolpert, 2005) et en Europe (Köse, 2014; Spring, Verdenal, Zufferey, Gindro, & Viret, 2012)

Un problème majeur dans le cas de la viticulture québécoise est le manque de données fiables sur des paramètres tels le rendement, la charge ou la vigueur (pesé des bois de taille, nombre et diamètre des rameaux/sarments) pour les différentes régions viticoles et en fonction des cépages hybrides. Le territoire viticole est petit, mais étendu sur un vaste territoire avec des contraintes viticoles potentiellement très différentes les unes des autres. Des seuils établis pour les paramètres décrits ci-dessus pourraient être utiles pour optimiser la production et la rentabilité des domaines viticoles pour leurs régions respectives.

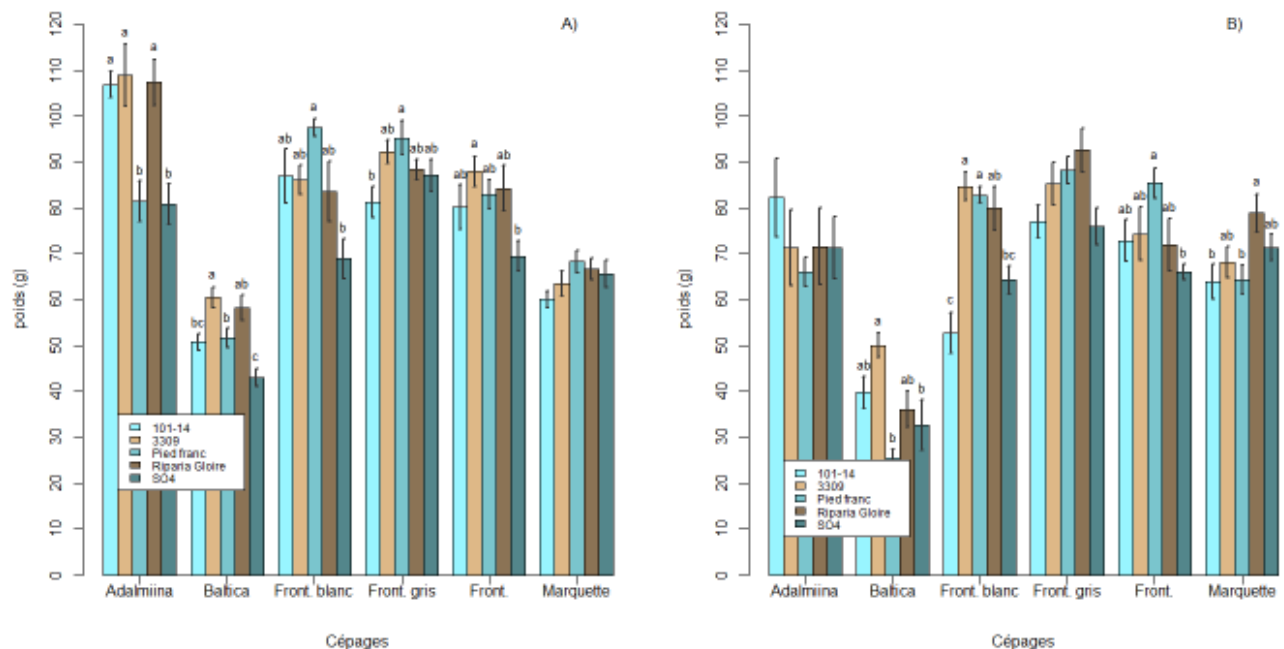


Figure 8 : Poids par grappe (en g) en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Nombre de grappes

En 2017, sur sol léger (loam graveleux), aucun cépage n'a produit un nombre de grappes significativement différent selon le porte-greffe (Figure 9A). En moyenne, le cépage Adalmiina a produit le moins de grappes (24), mais ne démontre pas de différence entre les porte-greffes et Baltica en a produit le plus avec une moyenne de 37 grappes par cep. Sur sol lourd, trois porte-greffes ont apporté des différences significatives au greffon soit Adalmiina, Baltica et Frontenac noir (Figure 9B). Frontenac blanc et gris produisent cependant le plus de grappes par cep, en moyenne 23 et 25 respectivement et, tout comme sur sol léger, Adalmiina produit le moins de grappes par cep (13). Sur Adalmiina, les ceps plantés francs de pied ont produit plus de grappes que ceux plantés sur Riparia Gloire (p -value = 0.0002). Les ceps de Baltica greffés sur 101-14 se sont distingués des individus plantés francs de pied ainsi que de ceux greffés sur Riparia Gloire et SO4 (p -value = 0.0004)

en produisant plus grappes. Ces mêmes différences ont également été repérées en 2016 (Provost, 2017). Finalement, pour le Frontenac noir, le porte-greffe 101-14 a produit en moyenne moins de grappes par rapport au Riparia Gloire et les francs de pied (p -value = 0.02).

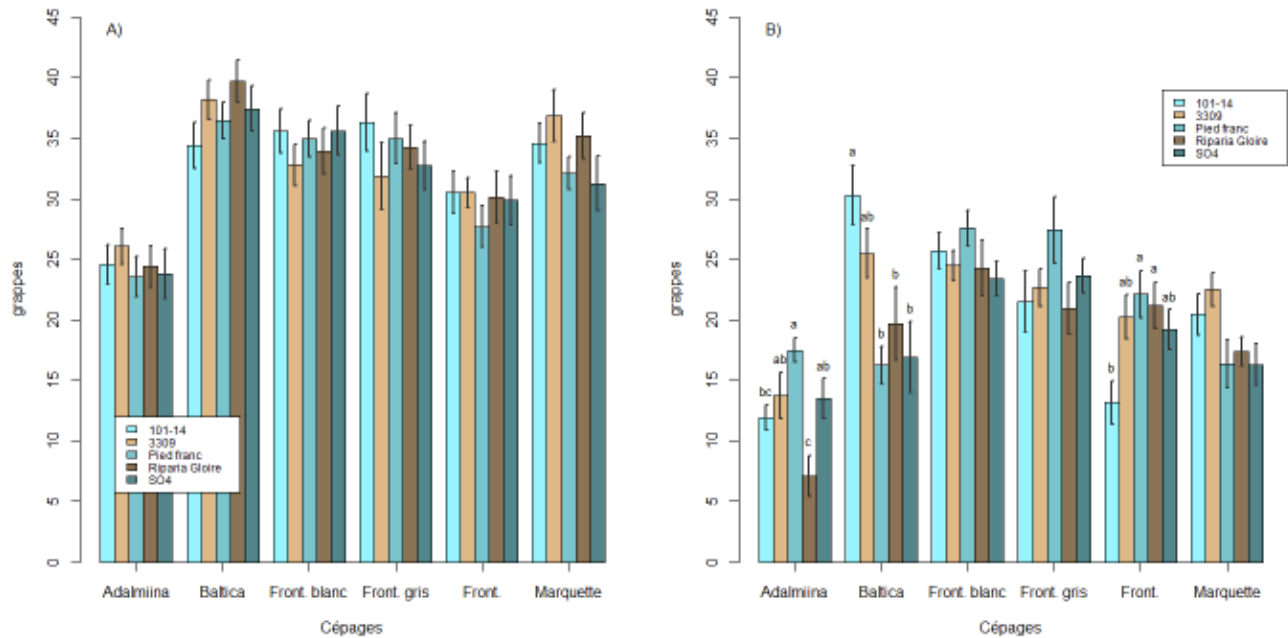


Figure 9 : Nombre de grappes en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Nos données révèlent que le nombre de grappes perçu sur ces vignes est tout de même inférieur à ce qui a déjà été démontré sur d'autres hybrides interspécifiques (Main, Morris, & Striegler, 2002; Reynolds & Wardle, 2001; Sun, Sacks, Lerch, & Vanden Heuvel, 2011). Les systèmes de conduites et les cépages utilisés dans les autres études ne sont pas toujours les mêmes que ceux utilisés ici et donc des comparaisons sont difficiles à faire. Par contre, il n'est pas anormal de voir un nombre grappe cinq ou six fois plus élevée que ce qui a été enregistré sur nos sites, et ce même quand les ceps sont soumis à des traitements de réductions de rendement (i.e. ébourgeonnage et éclaircissage). Il est donc soutenable de penser à augmenter significativement la charge portée sur les ceps de nos parcelles (sur sol léger et sur sol lourd) sans négativement affecter le rendement final.

De façon générale, les rendements dans le sol lourd étaient beaucoup plus faibles que dans le sol loam graveleux. La meilleure croissance et résistance au froid dans des conditions de sol plus favorables ont un effet sur la production en raisins.

L'effet des porte-greffes sur les rendements a aussi été observé par divers auteurs, dont Krstic *et al.* (2005) avec le Chardonnay et le Shiraz où l'augmentation du rendement par plant était directement reliée à l'augmentation du nombre de grappes et du poids des grappes. Les résultats de McCraw *et al.* (2005) démontrent aussi que le porte-greffe peut influencer le rendement en raisin, mais que ce ne sont pas tous les cépages qui sont affectés. En effet, le cépage Chardonnay obtient des rendements supérieurs avec des porte-greffes (140R, St George, Freedom) comparativement aux plants de vigne sur pied franc, tandis que le Cabernet Franc n'a aucune influence du porte-greffe sur le rendement



par plant et le poids d'une grappe. Reynolds et Wardle (2001) ont évalué l'effet de quatre porte-greffes (comparé à des plants francs de pied) pour neuf cépages hybrides dans les conditions de la Colombie-Britannique et du nord-ouest américain. Les cépages à l'étude étaient *Chardonnay*, *Gewurztraminer*, *Ortega*, *Riesling*, *De Chaunac*, *Maréchal Foch*, *Okanagan Riesling*, *Seyval blanc* et *Verdelet* (en italique, des cépages que l'on retrouve fréquemment au Québec) sur les porte-greffes 3309, 5BB, 5C et SO4. Pour toutes les combinaisons cépage/porte-greffe, les résultats ont démontré des effets de faible à modéré des porte-greffes sur le rendement en raisin. Par exemple, le greffage des cépages De Chaunac, Okanagan Riesling, Gewurztraminer et Riesling n'a pas eu d'effet sur le rendement des plants tout comme sur le nombre de grappes par plant. Les cépages les plus affectés étaient Maréchal Foch et Chardonnay où les rendements étaient supérieurs sur le porte-greffe 5BB, tandis que des rendements plus élevés du Seyval blanc étaient observés avec le porte-greffe 3309 comparativement au SO4. Ce rendement supérieur est principalement relié au nombre de grappes qui est plus élevé par plant pour ces combinaisons cépage/porte-greffe. Le poids des grappes est aussi affecté parfois par les porte-greffes, toutefois, les résultats sont souvent moins bien corrélés avec les rendements que ne peut l'être le nombre de grappes.

Ainsi, il s'avère que le greffage peut avoir des effets sur le rendement de certains cépages, mais que plusieurs d'entre eux n'ont aussi aucun impact. Cependant, si nous comparons l'utilisation du greffage à l'utilisation de plants sur pied franc (la pratique actuelle), il n'y a généralement pas assez de différence sur le rendement pour utiliser le greffage si les conditions pédologiques ne requièrent pas d'adaptation particulière.

Analyses chimiques des baies

Solides solubles totaux (SST, °Brix) à la récolte

La quantité de solides solubles totaux à la récolte est significativement différente en fonction du porte-greffe pour les cépages Baltica, Frontenac blanc et Marquette sur sol léger et pour Frontenac blanc et noir sur sol lourd (Figure 10A et B). En sol léger, les baies de Baltica planté franc de pied disposent d'une quantité de sucres plus élevée à la récolte que ceux provenant de la combinaison Baltica X SO4 (p-value = 0.03). En revanche, Frontenac blanc planté franc de pied fructifie des baies moins élevées en sucre que lorsque ce cépage est greffé sur 3309 (p-value = 0.02). Pour les combinaisons de Marquette sur sol léger, les porte-greffes 3309 et Riparia Gloire ainsi que les individus plantés francs de pied ont amené à maturité des baies plus concentrées en sucre que ceux greffés sur SO4 (p-value = 0.003).

En sol lourd, les quatre porte-greffes plantés avec Frontenac blanc se distinguent de Frontenac blanc planté franc de pied (p-value < 0.0001) en produisant des baies avec une teneur en sucre plus élevée. Sur Frontenac noir, le porte-greffe 101-14 a influencé à la hausse la concentration en SST en comparaison au porte-greffe SO4 (p-value = 0.04).

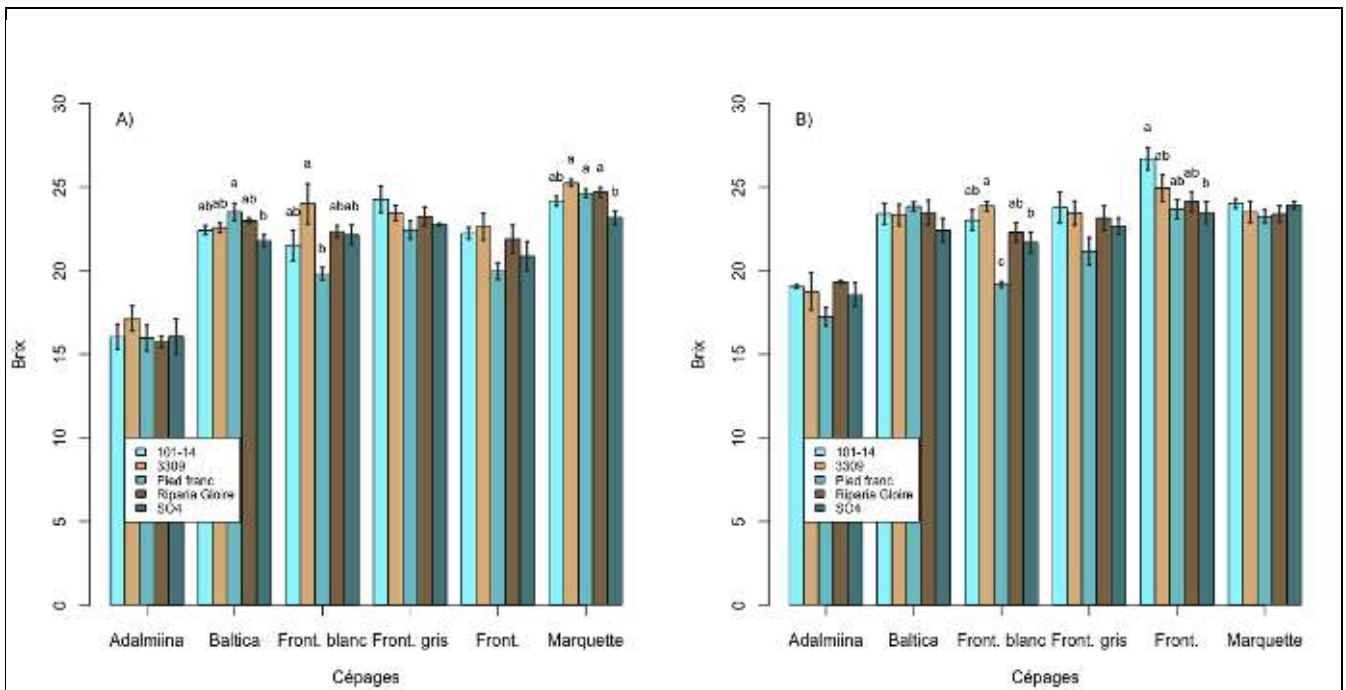


Figure 10 : Teneur en solides solubles totaux dans les moûts en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Sur un sol léger, chaque hybride interspécifique voit son taux de sucre augmenter jusqu'à atteindre un plateau sauf pour Frontenac blanc pour qui la courbe ne plafonne pas (Figure 11). Ceci indique que Frontenac blanc accumule encore du sucre après les autres cépages. La date optimale de maturité pour Frontenac blanc doit peut-être être ajustée en regardant des paramètres autres que le taux de sucre pour être certain d'optimiser l'équilibre technologique de ce cépage. Le plateau maximal de sucre atteint en moyenne un seuil près de 25 Brix (≈ 274 g/L de sucre) pour tous les cépages, mis à part Adalmiina qui touche à peine 15 Brix (≈ 155 g/L de sucre). Les différences statistiques sont clairement visibles ici et démontrent en plus que l'influence des porte-greffes est perçue tout au long de la période de maturation des baies. Dans la majorité des cas, il est possible d'observer que 3309 et 101-14 influence l'évolution du taux de sucre de manière opposée aux individus plantés francs de pied et ceux greffés sur SO4 ou Riparia Gloire.

Le Frontenac blanc et l'Adalmiina ont le même taux moyen d'accumulation de sucre (0.19 g/L \cdot jour⁻¹), soit près de deux fois moins rapide que pour les quatre autres cépages (p -value < 0.0001). Les baies d'Adalmiina et de Frontenac blanc suivent donc un patron de maturation similaire et on pourrait être porté à croire alors que leur récolte doit se faire au même moment. Cependant, il y a une mise en garde importante à faire, le poids des baies pour ces cépages n'est pas pareil. Tandis que Adalmiina dispose des baies les plus lourdes (2.76 g sur sol léger et 2.61 g sur sol lourd), Frontenac blanc supporte des baies beaucoup plus légères (1.12 g sur sol léger et 0.98 g sur sol lourd), d'où la raison pour laquelle nous observons un taux de sucre à la récolte plus élevé dans les grappes de Frontenac blanc que celles d'Adalmiina. Il faut aussi mentionner que la récolte d'Adalmiina est plus précoce que celle du Frontenac blanc.

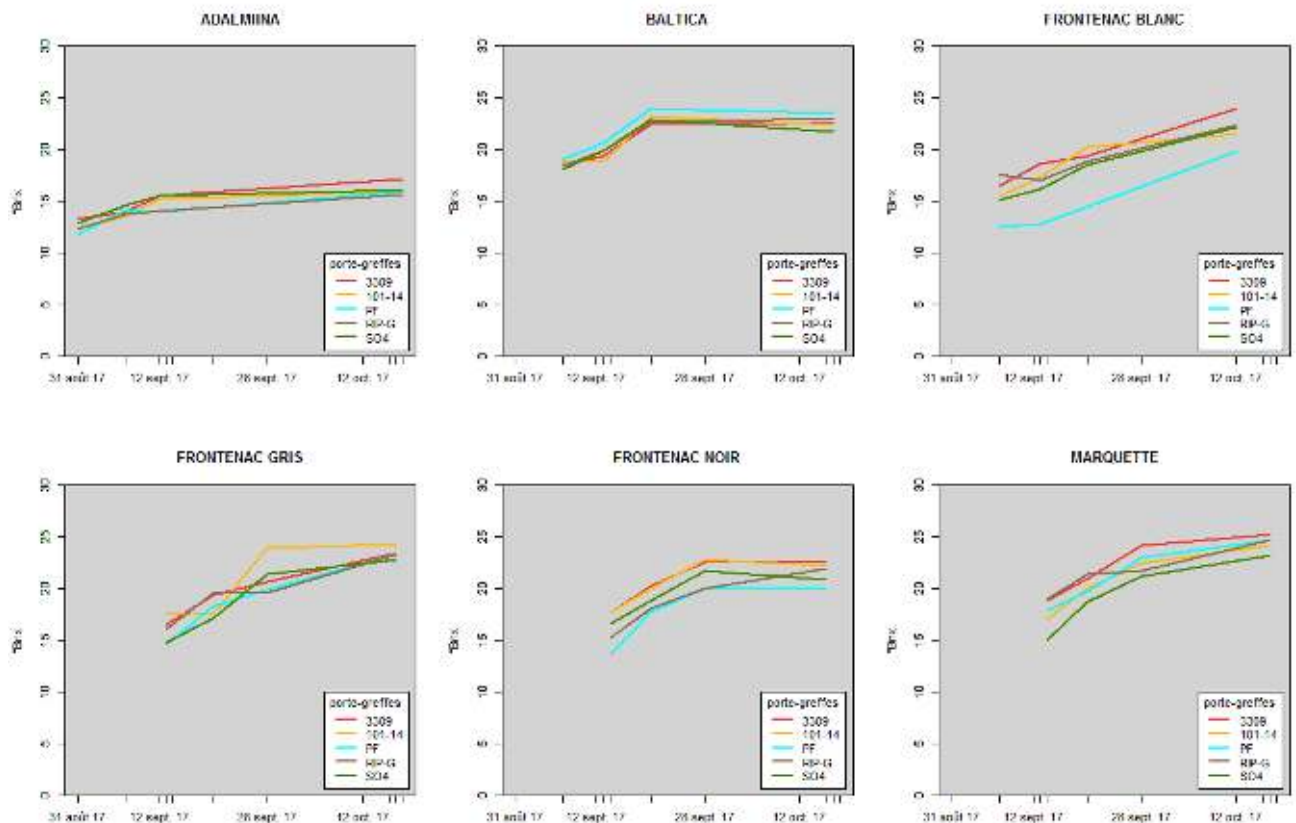


Figure 11 : Évolution de la teneur en solides solubles totaux en 2017 sur sol loam graveleux.

Sur sol lourd, les SST évoluent à un taux inférieur pour tous les cépages sauf pour Adalmiina et Baltica qui gardent des taux similaires à ce qui est observé sur un sol léger et les individus plantés francs de pied sont encore moins élevés avec un taux d'accumulation des sucres le plus bas. Les trois hybrides de Frontenac en sol lourd par contre semblent démontrer un patron d'évolution des sucres différent que lorsque planté sur un sol léger. Un seuil maximal en concentration de SST n'est pas atteint avant la récolte pour les Frontenac mis à part pour Frontenac blanc planté de pied franc.

Ces résultats sur l'évolution des sucres démontrent qu'il y a un impact des porte-greffes sur le greffon. Ceci n'est pas le cas pour tous les cépages par contre, notamment le Marquette qui ne démontre pas de différence par rapport aux individus plantés francs de pied. De plus, les ceps de Baltica plantés francs de pied sont les seuls à produire des baies dotées d'une concentration en SST plus élevée que lorsque ce cépage est greffé.

Ces courbes d'évolution nous aident aussi à commenter l'état de précocité ou tardiveté des différents cépages. Provost et al., (2013) ont démontré que le Baltica est le cépage le plus hâtif de ceux que nous avons à l'étude tandis que les Frontenac sont les plus tardifs. Adalmiina et Marquette sont intermédiaires par rapport aux quatre autres. Les données de cette année confirment effectivement ces tendances et indiquent qu'il est possible de moduler plus précisément la date de récolte pour optimiser l'équilibre voulu. Cet équilibre est issu du rapport entre l'évolution des sucres et l'évolution de l'acidité à l'intérieur des baies.



Acidité titrable

En sol léger, le Frontenac noir et gris greffé sur 101-14 développent des baies avec une acidité titrable plus faible que les individus plantés francs de pied ainsi que ceux plantés sur le porte-greffe SO4 (p-value = 0.02 et p-value = 0.002 respectivement) (Figure 12A). En sol lourd, les tendances se maintiennent pour les trois cépages Frontenac (p-value \leq 0.001), les individus plantés de pied franc disposent toujours d'une acidité titrable à la récolte plus élevée que les individus greffés sur le porte-greffe 101-14, ainsi que greffé sur 3309. Baltica planté en sol léger est le seul cépage à présenter une diminution significative pour les ceps plantés francs de pied tandis que c'est encore le porte-greffe SO4 à qui est attribuable l'acidité titrable la plus élevée (p-value = 0.01) (Figure 12A).

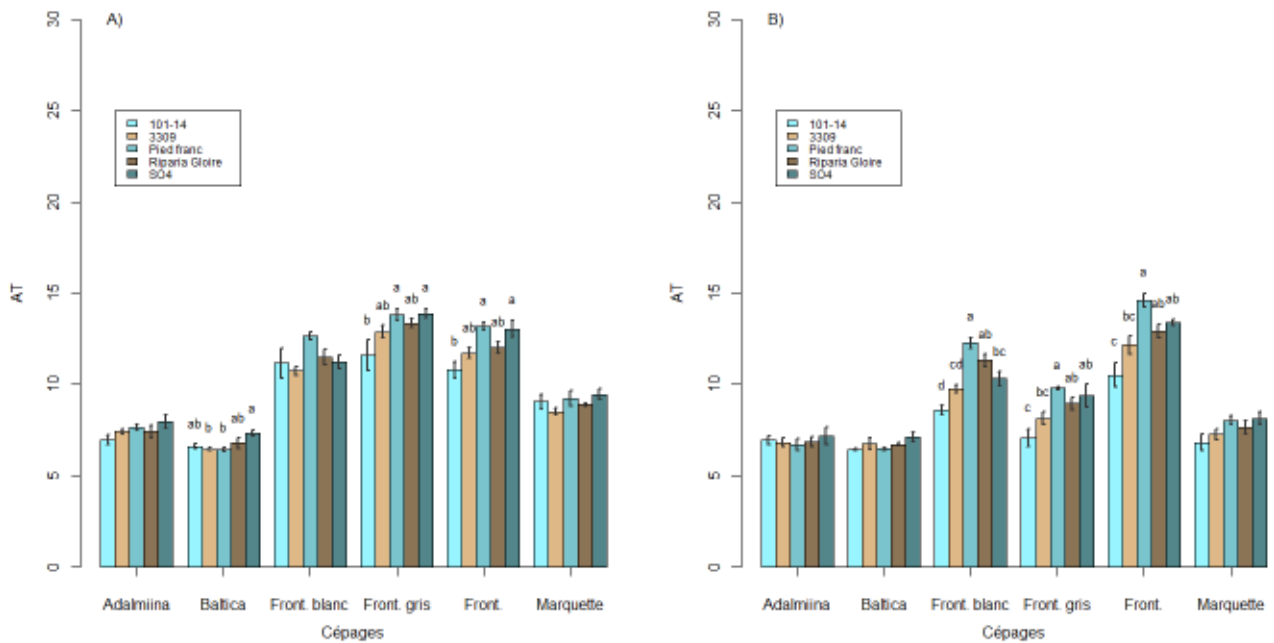


Figure 12 : Acidité titrable dans les moûts en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Les baies du cépage Baltica partent avec une acidité titrable significativement plus faible que tous les autres cépages (Figure 13). De plus, l'acidité diminue très lentement dans les baies de Baltica en comparaison aux autres hybrides. Ce faible taux de décroissance des acides en concomitance avec une accumulation en sucres cinq fois plus élevée fait en sorte que le Baltica est le cépage avec l'indice de maturité (IMT, Brix/acidité titrable) moyen le plus haut à la récolte.

L'utilisation d'un indice de maturité peut aider à déterminer la date de vendange, mais n'est pas le seul, ni nécessairement le meilleur moyen d'estimer la qualité de la vendange. Pedneault et al. (2014) ont observé des IMT similaires à celles enregistrées dans notre étude pour les cépages Frontenac noir et Marquette. Cependant, à notre connaissance, il n'y a pas de valeur indiquant la gamme acceptable d'indices de maturité pour optimiser la qualité de la vendange pour des hybrides interspécifiques. Donc, alors que Baltica est doté d'un IMT élevé et que l'IMT des Frontenac est faible en comparaison, il est possible que ces valeurs ne soient pas nécessairement équitables pour décrire la qualité et l'équilibre optimal de ces cépages à la récolte. En France, par exemple, des IMT entre 3.18 et 4.54



sont considérés comme des valeurs qui représentent une excellente qualité de vendange (Reynier, 2012). Les valeurs peuvent changer en fonction de la région viticole, telle que cela devrait être le cas pour le Québec. En Champagne, par exemple, l'indice de maturité optimal tombe plutôt entre 1.54 et 2.27 et cette gamme est similaire à ce que nous avons observé pour nos cépages (1.79 à 3.40 sur sol léger et 1.98 à 3.50 sur sol lourd). La Champagne n'est pas une région viticole comparable au Québec, par contre, c'est une région où il est acceptable d'avoir des teneurs en acidité plus élevées que dans d'autres régions pour ainsi arriver à produire un vin pétillant/perlant/mousseux digne de son terroir. Similairement, les baies au Québec sont souvent pourvues d'une teneur élevée en acidité au moment de la récolte et il serait utile de repérer une gamme pour les cépages québécois pour arriver à optimiser l'équilibre dans les raisins à la récolte.

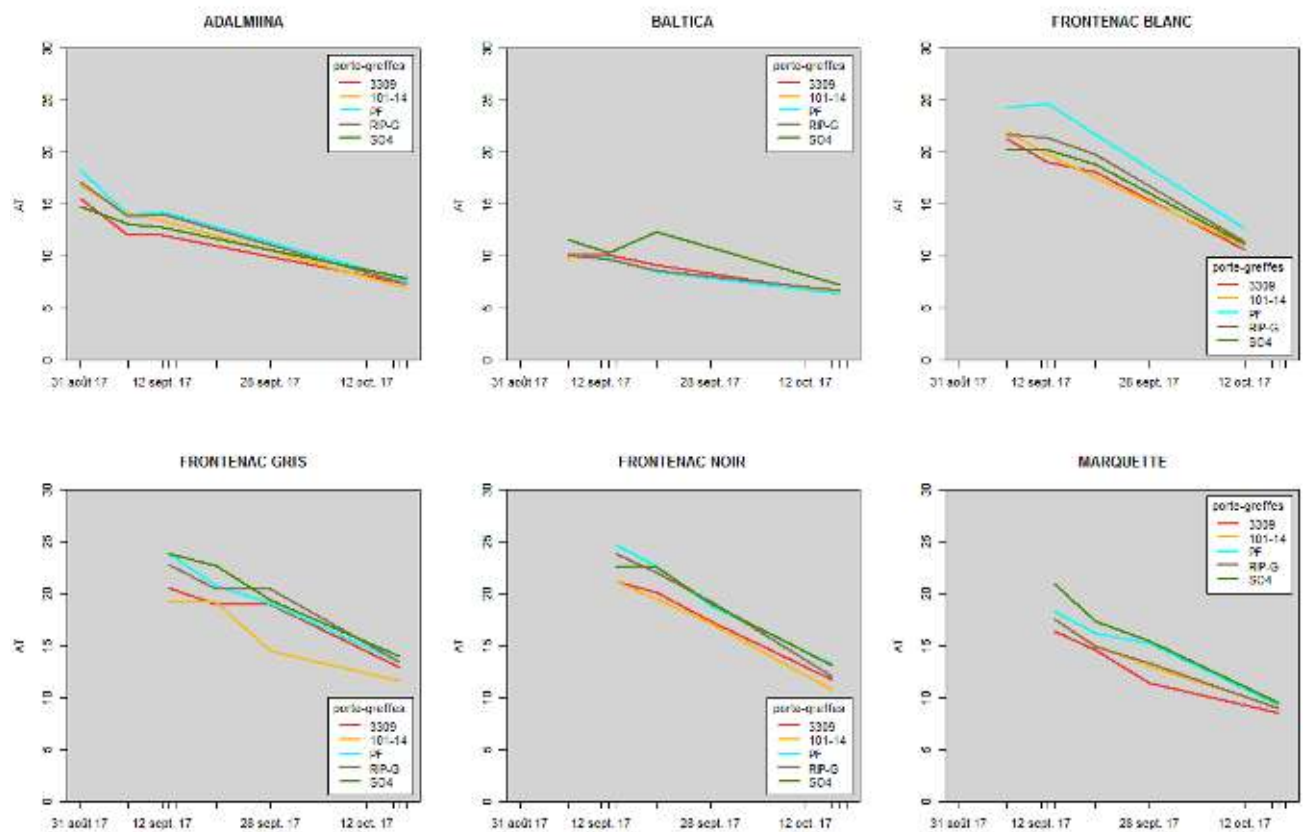


Figure 13 : Évolution de l'acidité titrable en 2017 sur sol loam graveleux.



pH à la récolte

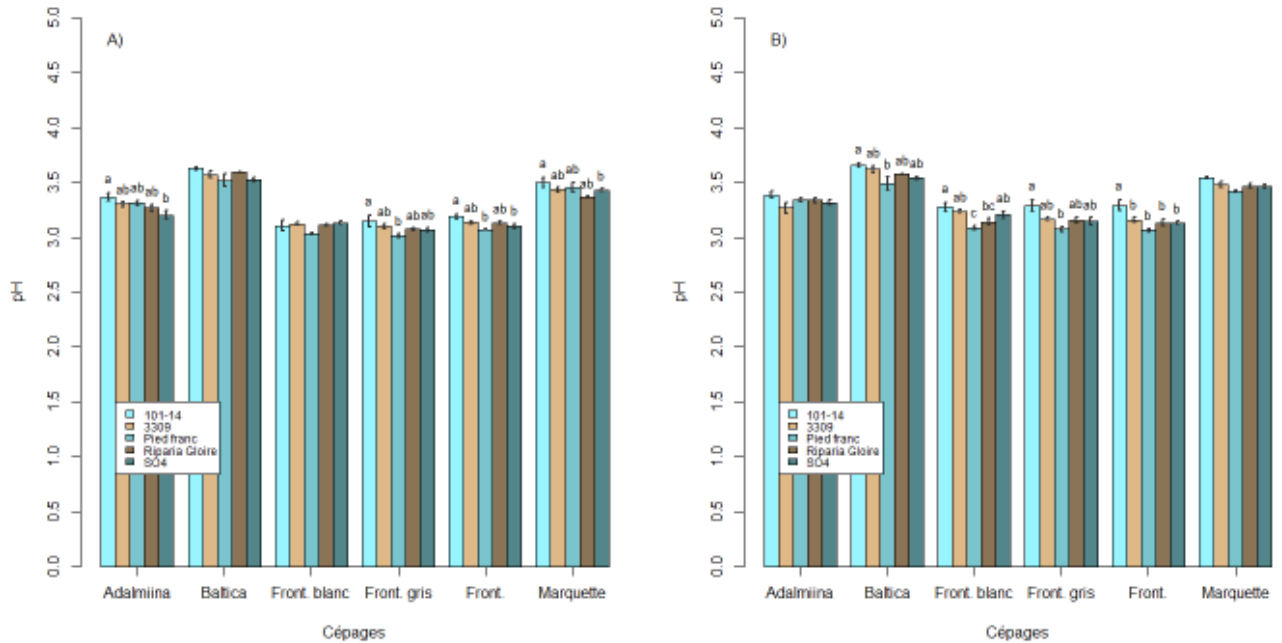


Figure 14 : pH dans les moûts en 2017 sur deux types de sols : A) sol loam graveleux, B) sol lourd.

Le porte-greffe 101-14 se distingue encore en comparant les différents pH obtenus à la récolte (Figure 14A). Pour les deux types de sols, 101-14 influence les greffons de façon à systématiquement (à une exception près) augmenter le pH à la récolte. En sol léger, la combinaison Adalmiina X 101-14 s'oppose aux ceps d'Adalmiina greffés sur SO4 (p-value = 0.02). Par contre, sur Frontenac gris (p-value = 0.05) et Frontenac noir (p-value = 0.002), c'est sur les individus plantés francs de pied qu'on observe les baies avec un pH moins élevé.

Sur un sol lourd (Figure 14B), tous les cépages sauf Adalmiina sont affectés par l'interaction avec un porte-greffe. De plus, Baltica (p-value = 0.02), Frontenac blanc (p-value = 0.001), Frontenac gris (p-value = 0.005), Frontenac noir (p-value = 0.001) et Marquette (p-value = 0.007) produisent tous des grappes ayant un pH inférieur aux individus greffés sur 101-14.

Le greffage a démontré des effets sur certains paramètres chimiques pour quelques cépages. Globalement, nous observons pour les cépages Adalmiina et les trois Frontenac, une teneur en SST (sucres) plus faible sur les vignes franc pied que sur les vignes greffées, entre autres sur les porte-greffes 101-14 et 3309. L'obtention d'une teneur en SST supérieure sur les vignes greffées a aussi été observée par Reynolds et Wardle (2001) pour les cépages Okanagan Riesling, Seyval blanc et Chardonnay, où les porte-greffes 5BB, SO4 et 3309 permettaient d'avoir des taux de SST supérieurs. Cependant, dans plusieurs cas, le greffage n'a pas d'influence sur la teneur en SST dans les moûts à la récolte, et ce pour plusieurs cépages (De Chaunac, Maréchal Foch, Verdelet, Gewurztraminer, Riesling, Cabernet Franc et Chardonnay) (McCraw *et al.* 2005; Reynolds et Wardle 2001). Toutefois, Krstic *et al.* (2005) ont démontré que la maturation du raisin était plus hâtive sur certains porte-



greffes, dont 101-14 pour le Shiraz et le Chardonnay, résultant en une teneur en SST plus élevée plus tôt dans la saison.

En 2016, la hâiveté de maturation au niveau des SST n'était souvent pas corrélée à une modification du pH ou de l'acidité titrable, ces paramètres n'étant pas ou peu influencés par le greffage. Toutefois, en 2017, l'acidité titrable et le pH ont été davantage influencés par le porte-greffe, surtout pour les Frontenac. Une acidité plus faible et un pH plus élevé étaient observés pour les plants greffés sur le 101-14 comparativement au pied franc. Des résultats similaires ont aussi été notés par d'autres auteurs où le greffage des plants de vigne a peu d'effet, ou des effets variables, sur le pH et l'acidité titrable des moûts à la récolte (McCraw *et al.* 2005; Reynolds et Wardle 2001). Si nous considérons les résultats obtenus en 2017 pour le pH des moûts, dans la majorité des cas, le greffage permet d'obtenir un pH plus élevé sur les moûts des plants greffés comparativement aux moûts issus des raisins sur plant franc de pied. Ces résultats concordent avec ce qui est généralement observé dans la littérature. En ce qui concerne l'acidité titrable en 2017, l'effet du greffage a été noté autant dans le sol loam graveleux que dans le sol lourd. En effet, pour les trois Frontenac, une acidité titrable plus élevée est généralement observée dans les moûts des plants de vigne francs de pied comparativement aux plants de vigne greffée, surtout sur les porte-greffes 101-14 et 3309. Ces résultats peuvent être mis en lien avec les teneurs en SST qui sont plus basses sur les vignes franc pied que sur des vignes greffées sur les porte-greffes 101-14 et 3309. Ces deux paramètres sont des indicateurs importants de la maturation du raisin, ainsi, on peut mentionner que la maturation du raisin est plus rapide lorsque les plants sont greffés (sur 101-14 et 3309) pour les trois cépages Frontenac que lorsque ces derniers sont franc pied. Reynolds et Wardle (2001) ont aussi noté une acidité titrable plus faible sur les vignes greffées comparativement à des vignes franc pied pour les cépages Okanagan Riesling et Verdelet.

Analyse multivariée

Il est possible de regarder les cépages Frontenac sous un angle plus rapproché étant donné que les trois Frontenac possèdent un héritage très proche et que leurs caractéristiques variétales se ressemblent. Une analyse multivariée démontre que des variables telles le pH, la concentration en SST, l'acidité titrable et le nombre de grappes par ceps arrivent à expliquer la majorité de la variance pour ces trois cépages (Figure 15). Les résultats de l'analyse factorielle multiple confirment ce qui a déjà été démontré avec les analyses descriptives. Il manque cependant des données sur la maturité phénolique des cépages qui pourraient venir compléter une partie de la variance non expliquée. De plus, des analyses sensorielles et des descriptions hédoniques des vins lors de dégustations pourraient compléter l'analyse pour mieux comprendre les aspects qualitatifs des vins finis.

L'analyse des Frontenac seule rapporte que les variables expliquent la variance selon les axes 1 et 2 qui sont représentées par la maturité technologique et la charge respectivement. Les porte-greffes 101-14 et 3309 s'opposent au pied franc (Figure 16), ceci vient confirmer les observations et analyses qui ont été faites précédemment sur le rendement et la maturité technologique.

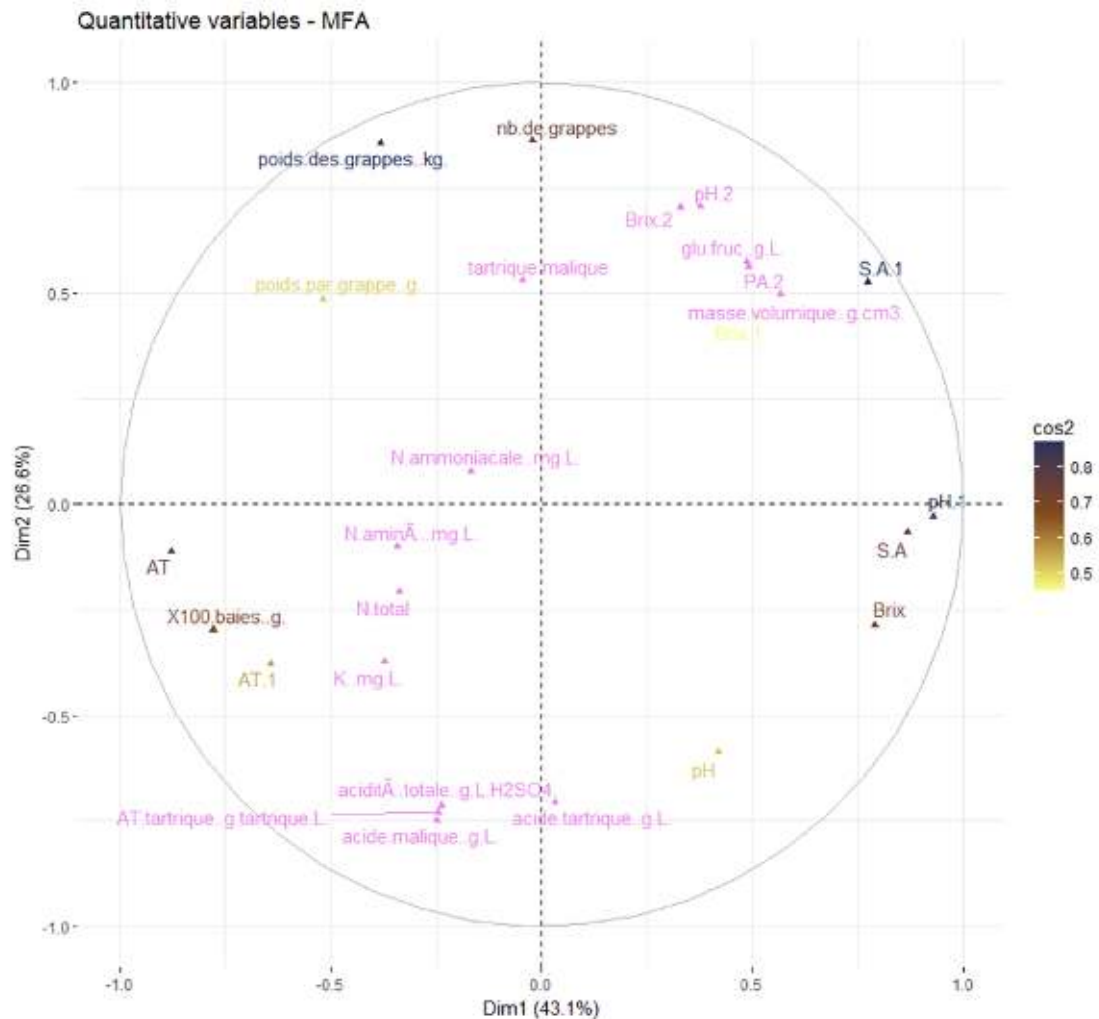


Figure 15 : Cercle de corrélation illustrant la distribution des variables quantitatives pour les ceps de Frontenac plantés sur sol léger. Une couleur plus foncée signifie une plus forte qualité de représentation de la variable autour de l'axe. Les variables en rose représentent les données supplémentaires (non retenues) de l'analyse. Le cos2, entête de la légende, dénote la qualité de la représentation des variables au sein de l'analyse. Plus le cos2 est élevé, plus la variable détient de l'importance pour l'analyse. *N.B. : S.A. = ratio sucre/acidité titrable

Les ellipses autour des individus illustrent l'intervalle de confiance pour chaque porte-greffe. La Figure 16 met en évidence les individus de chaque cépage et, en tenant compte des intervalles de confiance autour des porte-greffes, il est possible de voir qu'elles entrecoupent plusieurs des hybrides. Il est difficile de dire avec certitude par contre que les porte-greffes et cépages qui sont regroupés devraient être plantés ensemble. Même si certains porte-greffes et cépages sont groupés (par exemple Frontenac noir X SO4, Frontenac gris X Riparia Gloire), les analyses précédentes démontrent souvent un manque de corrélation significative. Ceci étant dit, il est possible de tirer quelques conclusions pertinentes. D'abord, les porte-greffes 101-14 et 3309 démontrent encore une affinité pour apporter des contributions positives en ce qui concerne la maturité technologique et de plus, s'opposent à Riparia Gloire, SO4 et les ceps plantés francs de pied. Cette opposition concorde bien avec ce qui a été démontré dans les sections ci-dessus. Ensuite, il y a un contraste entre la Figure 16 et 17 en ce qui concerne la distribution des porte-greffes et cépages hybrides autour des axes, les

porte-greffes s'alignent plutôt à l'horizontale en suivant la première dimension tandis que les cépages sont alignés plus à la verticale le long de la deuxième dimension. Ceci semble indiquer que, dans les cas des trois Frontenac, les porte-greffes influencent davantage la maturité technologique et les greffons auraient plus tendance à influencer la charge attribuée à ces cépages.

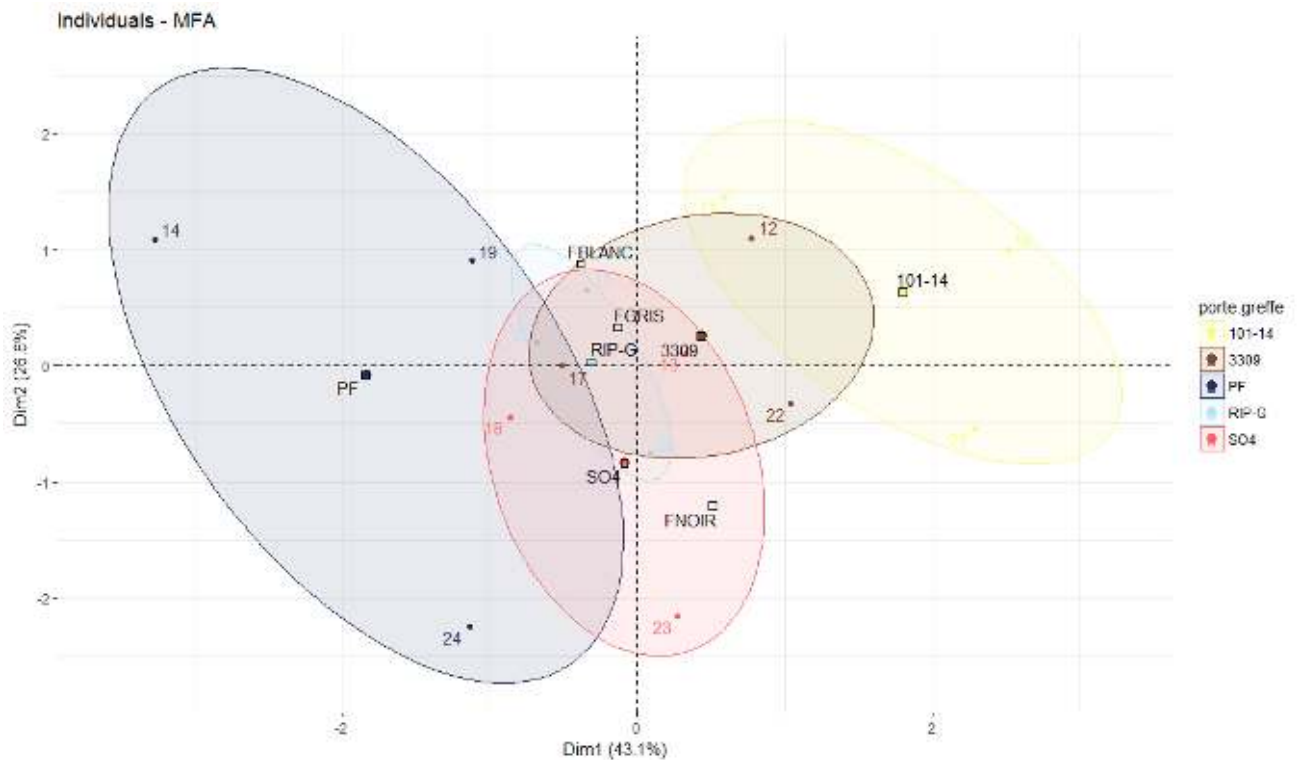


Figure 16 : Représentation graphique de l'analyse factorielle multiple pour les cépages Frontenac lorsque les porte-greffes sont isolés.

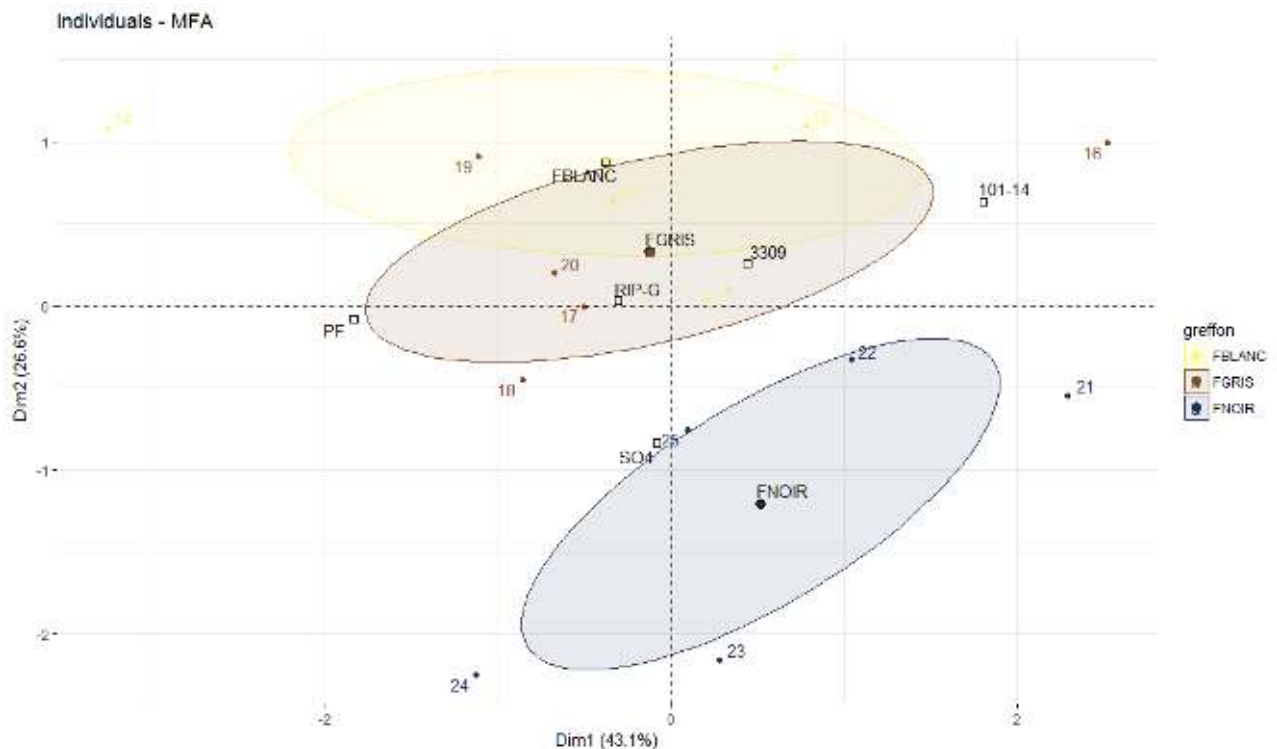


Figure 17 : Représentation graphique de l'analyse factorielle multiple pour les cépages Frontenac lorsque les greffons sont isolés.



Composés chimiques lors des fermentations

Des vins ont été produits selon un protocole standard de vinification en blanc et en rouge. Les analyses chimiques effectuées sur le moût (Tab. I), à la fin de la fermentation alcoolique (Tab. II) et à la fin de la fermentation malolactique (Tab. III) démontrent peu de différence entre les porte-greffes pour les six cépages, mais certaines tendances sont notées.

L'analyse chimique sur moût pour le cépage Adalmiina démontre que le système racinaire qui procure le plus bas taux de sucres est le porte-greffe SO4 et cette valeur est corrélée à une acidité titrable plus élevée (indication que le raisin est moins mûr) (Tab. I). On peut aussi noter que l'azote total est plus faible dans le moût du raisin issu des plants sur le porte-greffe SO4 et que les teneurs en potassium sont plus faibles sur pied franc et 3309.

En ce qui concerne le cépage Baltica, le raisin issu des plants greffés sur le 101-14 et 3309 a une maturité moindre, car la teneur en sucres est plus basse (Tab. I). Il est aussi observé que sur ces porte-greffes la teneur en azote totale est plus faible, mais que la quantité de potassium est plus élevée.

Pour les trois cépages Frontenac, une tendance observée est que les raisins issus des plants francs pied et greffés sur le porte-greffe SO4 et Riparia Gloire ont une maturité moindre à la récolte (teneurs en sucres plus faibles et acidité titrable plus élevée) que sur les porte-greffes 3309 et 101-14 (Tab. I). La teneur en acide malique est aussi généralement plus élevée pour ces combinaisons, surtout pour les plants pied franc. Pour le Frontenac (rouge) et le Frontenac blanc, la teneur en potassium est plus élevée pour les plants francs de pied.

Le greffage du cépage Marquette a moins d'impact sur les paramètres chimiques des moûts. On peut observer un taux légèrement inférieur en sucres et une acidité titrable légèrement plus élevée pour le porte-greffe SO4 (Tab. I). Il est à noter que l'azote total est plus élevé pour les moûts des raisins sur les plants greffés sur Riparia Gloire et SO4.

Suite à la fermentation alcoolique, les différences observées sur les moûts sont de moins en moins observées, seule l'acidité titrable paraît quelque peu pour certaines combinaisons, par exemple pour le Frontenac blanc sur pied franc (Tab. II). Enfin. Pour la vinification en rouge, suite à la fermentation malolactique, aucune différence n'est observée sur les vins produits finaux (Tab. III). Ainsi, plus le processus de vinification progresse, moins les différences au niveau des analyses chimiques sont apparentes entre les différents porte-greffes.



Tableau I : Paramètres chimiques des moûts en 2017 pour les différentes combinaisons.

cépage	porte-greffe	date	période	Cou- leur	M.vol. g/cm3	Sucres (Brix)	Glu+Fruc g/L	AT g/L H2SO4	pH	Ac. tart. g/L	Ac. maliq. g/L	AT Tar g ac. tartrique/L	Az. Aminé mg N/L	Az. Ammoniac . Mg N/L	Az. Total	potassium	degré alcool prob. %
Adalmiina	101-14	2017-09-22	M	3	1,0652	17,5	150,50	6,69	3,07	4,72	5,68	10,24	118	37	155	1281	8,9
Adalmiina	3309	2017-09-22	M	3	1,0642	17,3	147,9	6,5	3,14	4,61	5,16	9,95	132	44	176	1116	8,8
Adalmiina	SO4	2017-09-22	M	3	1,0589	16,1	134,70	7,91	3,07	5,62	5,98	12,11	87	41	128	1500	8
Adalmiina	piéd franc	2017-09-22	M	3	1,0612	16,6	140,50	6,78	3,15	4,98	5,67	10,38	128	49	177	1096	8,3
Adalmiina	RIP-G	2017-09-22	M	3	1,0609	16,6	139,80	7,63	3,11	4,82	6,13	11,68	109	44	153	1226	8,3
Baltica	101-14	2017-09-22	M	2	1,0911	23,3	214,7	4,85	3,29	4,97	3,07	7,43	237	7	244	1174	12,8
Baltica	3309	2017-09-22	M	2	1,0916	23,4	215,80	5,09	3,20	5,04	3,11	7,79	244	<5	248	1206	12,8
Baltica	SO4	2017-09-22	M	2	1,0932	23,7	219,80	5,65	3,18	4,92	3,40	8,65	251	<5	254	1128	13,1
Baltica	piéd franc	2017-09-22	M	2	1,0982	24,9	232,20	4,90	3,24	4,58	2,77	7,50	253	7	260	984	13,8
Baltica	RIP-G	2017-09-22	M	2	1,0982	24,9	232,20	4,85	3,28	4,29	3,02	7,43	251	7	258	742	13,8
Frontenac Blanc	101-14	2017-09-29	M	3	1,0971	24,4	229,50	8,87	3,04	6,81	6,15	13,58	161	79	240	873	13,6
Frontenac Blanc	3309	2017-09-29	M	3	1,0975	24,5	230,50	8,49	3,08	6,73	6,49	13,00	237	80	317	765	13,7
Frontenac Blanc	SO4	2017-09-29	M	3	1,0868	22,2	204,00	10,18	2,99	7,81	7,77	15,59	250	96	346	865	12,1
Frontenac Blanc	piéd franc	2017-09-29	M	3	1,0761	19,8	177,40	13,21	2,88	9,89	9,84	20,22	271	139	410	1336	10,5
Frontenac Blanc	RIP-G	2017-09-29	M	3	1,0876	22,3	206,00	10,69	2,94	7,75	8,51	16,35	237	105	342	821	12,2
Frontenac Gris	101-14	2017-10-05	M	3	1,099	23,2	227,00	9,04	3,05	6,40	6,7	13,83	264	25	13	784	13,5
Frontenac Gris	3309	2017-10-05	M	3	1,092	22,9	218,00	9,07	3,07	6,10	7,2	13,88	269	23	12	798	13
Frontenac Gris	SO4	2017-10-05	M	3	1,085	21,1	196,00	10,66	2,92	7,00	9,1	16,31	322	56	11	806	11,6
Frontenac Gris	piéd franc	2017-10-05	M	3	1,084	21,1	199,00	10,65	2,87	6,80	7,8	16,29	286	52	12	802	11,8
Frontenac Gris	RIP-G	2017-10-05	M	3	1,088	22	210,00	10,76	2,86	7,00	8,2	16,46	277	39	12	834	12,5
Frontenac Noir	101-14	2017-10-05	M	1	1,095	22,1	222,00	11,21	2,97	6,40	9	17,15	318	55	12	800	13,2
Frontenac Noir	3309	2017-10-05	M	1	1,095	22,1	213,00	10,92	2,91	6,90	8,9	16,71	270	52	12	739	12,7
Frontenac Noir	SO4	2017-10-05	M	1	1,081	20,1	187,00	13,55	2,78	8,20	10,7	20,73	313	88	10	839	11,1
Frontenac Noir	piéd franc	2017-10-05	M	1	1,08	19,5	183,00	13,12	2,74	9,20	9,80	20,07	297	92	999	902	10,9
Frontenac Noir	RIP-G	2017-10-05	M	1	1,087	21,7	207	11,85	2,85	7,9	8,7	18,13	297	90	12	791	12,3
Marquette	101-14	2017-09-29	M	2	1,0963	24,4	227,50	6,80	3,21	0,31	6,13	10,40	209	113	322	1128	13,5
Marquette	3309	2017-09-29	M	2	1,1013	26,2	240,00	6,77	3,17	4,65	4,07	10,37	200	125	325	995	14,3
Marquette	SO4	2017-09-29	M	2	1,0892	21,3	210,00	8,49	3,10	0,56	7,12	13,00	250	199	499	1167	12,5
Marquette	piéd franc	2017-09-29	M	2	1,0958	24,1	226,20	7,30	3,18	4,43	5,44	11,17	229	170	399	1109	13,4
Marquette	RIP-G	2017-09-29	M	2	1,092	23,3	216,80	7,44	3,10	0,35	4,67	11,39	175	220	462	1092	12,9



Tableau II : Paramètres chimiques à la fin de la fermentation alcoolique en 2017 pour les différentes combinaisons.

cépage	porte-greffe	date	période	Cou- leur	TAV %vol.	M.vol. g/cm3	Glu+Fruc g/L	AT g/L H2SO4	Ac.acét. (volatile) g/L H2SO4	pH	Ac. tart. g/L	Ac. maliq. g/L	Ac. lact. g/L	AT Tar g ac. tartrique/L
Aldamiina	101-14	2017-10-18	FFA	3	9,9	0,9926	1,20	6,89	0,39	3,28	4,06	4,74	nd	10,54
Aldamiina	3309	2017-10-18	FFA	3	9,7	0,9926	0,37	6,82	0,38	3,22	4,38	4,45	<0,2	10,43
Aldamiina	SO4	2017-10-18	FFA	3	9,0	0,9957	0,1	7,79	0,28	3,22	3,81	4,63	<0,2	11,92
Aldamiina	RIP-G	2017-10-18	FFA	3	9,2	0,9944	0,1	6,84	0,47	3,20	3,4	4,54	<0,2	10,47
Aldamiina	Pied franc	2017-10-18	FFA	3	9,7	0,9932	0,1	6,79	0,41	3,26	3,59	4,21	<0,2	10,39
Frontenac Blanc	101-14	2017-10-25	FFA	3	14,3	0,9935	0,10	9,04	0,22	2,99	5,82	6,74	0,23	13,83
Frontenac Blanc	3309	2017-10-25	FFA	3	14,4	0,9904	0,10	8,86	0,19	3,16	7,09	7,7	<0,2	13,56
Frontenac Blanc	SO4	2017-10-25	FFA	3	13,0	0,9938	0,10	10,22	0,13	3,00	5,71	7,53	<0,2	15,64
Frontenac Blanc	RIP-G	2017-10-25	FFA	3	13,6	0,9938	0,10	10,82	0,13	2,89	6,09	7,85	<0,2	16,55
Frontenac Blanc	Pied franc	2017-10-25	FFA	3	10,9	0,9978	0,10	12,29	0,09	2,94	10,60	11,96	<0,2	18,81
Frontenac Gris	101-14	2017-10-25	FFA	3	13,9	0,993	0,10	8,09	0,17	3,22	6,29	5,37	0,29	12,38
Frontenac Gris	3309	2017-10-25	FFA	3	13,3	0,994	0,10	8,77	0,12	3,22	7,04	7,14	<0,2	13,42
Frontenac Gris	SO4	2017-10-25	FFA	3	12,2	0,9959	0,10	9,98	0,09	2,85	7,73	7,27	<0,2	15,27
Frontenac Gris	RIP-G	2017-10-25	FFA	3	13,1	0,9943	0,10	9,62	0,11	3,20	6,97	6,28	0,25	14,72
Frontenac Gris	Pied franc	2017-10-25	FFA	3	11,9	0,996	0,1	9,97	0,09	2,97	8,06	7,23	<0,2	15,25
Frontenac Noir	101-14	2017-10-18	FFA	1	13,5	0,9973	0,43	8,50	0,13	3,26	4,04	4,30	<0,2	13,08
Frontenac Noir	3309	2017-10-18	FFA	1	13,2	0,9968	0,45	8,57	0,14	3,38	3,54	4,16	<0,2	13,11
Frontenac Noir	SO4	2017-10-18	FFA	1	11,9	0,9988	0,18	9,82	0,12	3,19	5,85	6,23	<0,2	15,02
Frontenac Noir	RIP-G	2017-10-18	FFA	1	13,0	0,9978	0,34	9,53	0,14	3,09	4,44	5,26	<0,2	14,58
Frontenac Noir	Pied franc	2017-10-18	FFA	1	11,6	0,9998	0,18	10,20	0,12	3,10	5,62	6,67	<0,2	15,61
Marquette	101-14	2017-10-18	FFA	1	13,7	0,9932	<,01	6,21	0,22	3,58	2,54	4,29	<0,2	9,50
Marquette	3309	2017-10-18	FFA	1	14,2	0,9928	<,01	6,22	0,25	3,76	2,37	3,07	<0,2	9,52
Marquette	SO4	2017-10-18	FFA	1	11,7	0,996	<,01	6,31	0,16	3,50	2,86	3,53	<0,2	9,65
Marquette	RIP-G	2017-10-18	FFA	1	13,4	0,9931	<,01	6,61	0,22	3,66	2,84	3,61	<0,2	10,11
Marquette	Pied franc	2017-10-18	FFA	1	13,8	0,9943	0,10	6,81	0,21	3,70	2,45	3,65	<0,2	10,42



Tableau III : Paramètres chimiques à la fin de la fermentation malolactique en 2017 pour les différentes combinaisons des cépages rouges.

cépage	porte-greffe	date	période	Cou- leur	TAV %vol.	M.vol. g/cm3	Glu+Fruc g/L	AT g/L H2SO4	Ac.acét. (volatile) g/L H2SO4	SO2 total mg/L	SO2 libre mg/l	pH	Ac. tart. g/L	Ac. maliq. g/L	Ac. lact. g/L	AT Tar g ac. tartrique/L
Baltica	101-14	2017-11-06	FML	1	13,1	0,9925	<1	3,52	0,33	31	<5	3,76	1,53	0,26	2,77	5,39
Baltica	3309	2017-11-06	FML	1	13,3	0,9923	<1	3,89	0,33	37	5	3,79	1,62	<0,2	2,23	5,95
Baltica	SO4	2017-11-06	FML	1	12,9	0,9929	<1	4,19	0,33	29	5	3,74	1,33	<0,2	3,08	6,41
Baltica	RIP-G	2017-11-06	FML	1	13,6	0,9921	<1	3,68	0,32	34	<5	3,77	2,14	0,20	2,48	5,63
Baltica	Pied franc	2017-11-06	FML	1	13,9	0,9917	<1	4,00	0,29	33	<5	3,75	1,66	<0,2	1,96	6,12
Frontenac Noir	101-14	2018-01-04	FML	1	14,0	0,9957	0,40	6,25	0,27	25	15	3,37	3,45	<0,2	1,96	9,56
Frontenac Noir	3309	2018-01-04	FML	1	13,6	0,9952	0,40	6,15	0,26	15	9	3,38	3,72	<0,2	2,46	9,41
Frontenac Noir	SO4	2018-01-04	FML	1	11,7	0,9977	0,30	7,36	0,23	22	9	3,30	3,80	<0,2	3,17	11,27
Frontenac Noir	RIP-G	2018-01-04	FML	1	13,1	0,9961	0,30	6,73	0,29	18	10	3,32	4,22	<0,2	2,67	10,30
Frontenac Noir	Pied franc	2018-01-04	FML	1	11,6	0,9973	0,40	7,36	0,23	nd	nd	3,21	4,60	<0,2	2,71	11,27
Marquette	101-14	2017-11-06	FML	1	13,9	0,9932	<1	3,95	0,36	35	<5	3,69	2,08	<0,2	3,10	6,04
Marquette	3309	2017-11-06	FML	1	14,9	0,9921	<1	4,25	0,32	0,32	<5	3,69	1,90	<0,2	2,26	6,50
Marquette	SO4	2017-11-06	FML	1	11,8	0,9956	<1	4,77	0,31	0,31	5	3,60	1,62	<0,2	3,66	7,30
Marquette	RIP-G	2017-11-06	FML	1	13,4	0,994	<1	4,94	0,28	0,28	<5	3,64	2,01	<0,2	2,39	7,56
Marquette	Pied franc	2017-11-06	FML	1	13,4	0,994	<1	4,26	0,34	0,34	<5	3,78	2,53	0,21	3,05	6,52



Analyse sensorielle

Des vins ont été produits pour les saisons 2016 et 2017. Une analyse sensorielle des trente vins produits a été effectuée par un panel d'experts (œnologues, sommeliers), mais incluait aussi des personnes sans formation particulière (novice). La description des vins a été faite de façon qualitative et les résultats globaux sont présentés par cépage et pour les deux années d'essais.

Adalmiina

Les vins produits avec Adalmiina pour les millésimes 2016 et 2017 démontrent que certains systèmes racinaires confèrent une meilleure appréciation aux vins (Ta. IV). Les vins ont une couleur plutôt jaune pâle sans grande intensité. Des arômes fruités sont souvent notés (pomme, poire, prune, agrume) ainsi que des arômes d'amande et floraux en 2017. Les vins sont souvent caractérisés par une plus faible intensité, une certaine délicatesse et moins expressif en bouche. Les vins issus des vignes greffées ne confèrent pas des caractéristiques particulières permettant d'améliorer l'appréciation des vins. Autant en 2016 qu'en 2017, les vins issus des plants francs de pied ont produit les vins les mieux cotés. Cependant, de façon plus globale, des vins produits sont souvent plus minces dans l'ensemble et portés par l'acidité.

Tableau IV : Caractéristiques des vins du cépage Adalmiina

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle
Arômes- nez	pomme/fruits exotiques/prune/végétal	citronné /prune	prune / fruits exotiques	fruité /prune/ poire	citronné / fruité / miel
Arômes- nez	délicat intensité faible	intensité léger peu aromatique	intensité moyenne délicat	délicat	délicat intensité faible
Goût- bouche	acidité moyenne simple	court en bouche acidité moyenne	plus mince	bel équilibre rondeur harmonieux	court en bouche bel équilibre acidité moyenne
Note globale (/5)	2,4	2,6	2,9	2,6	3

Couleur	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle
Arômes- nez	floral / amande / poire	fruité /agrume / poire	agrume / miel	floral / amande / agrume / poire	fruit / miel / amande / agrume / poire
Arômes- nez	net peu aromatique	belle intensité	franc faible intensité arôme moyenne	charnu aromatique	net intensité moyenne
Goût- bouche	léger peu expressif	court en bouche finesse peu expressif	fruité volume	court en bouche léger peu expressif	plat en bouche moins de volume
Note globale (/5)	2,5	3	3,2	2,6	3,5

**Baltica**

Le cépage Baltica produit des vins d'une couleur rouge rubis avec des reflets violacés (Ta. V). Les vins produits en 2017 ont globalement été plus appréciés que ceux produits en 2016. Des arômes de fruits noirs, rouges et de baies sont notés, mais aussi un caractère très végétal qui est relevé pour tous les porte-greffes. Les vins sont plutôt rustiques, avec une acidité présente et une certaine amertume. Pour le millésime 2017, le vin issu des plants greffés sur les porte-greffes SO4 et Riparia Gloire étaient les plus appréciés, et ce principalement aux vins produits avec le raisin des plants franc de pied. Globalement, les vins produits avec ce cépage ont moins de potentiel, il est d'avis qu'il devrait être planté seulement dans des régions plus nordiques où sa hâtiveté est nécessaire pour la culture de la vigne.

Tableau V : Caractéristiques des vins du cépage Baltica

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge	rouge	rouge	rouge	rouge
Teinte	reflet violacé	reflet violacé	reflet violacé	reflet violacé	reflet violacé
Arômes- nez	fruits noirs / végétal	fruité / végétal	fruité /baies rouges / végétal	baies rouges / végétal / poivron	fruits noirs / végétal
Arômes- nez		rustique			
Goût- bouche	végétal asringence acidité moyenne peu tannique rusticité	amertume plus de matière moins rustique	moins végétal amertume moins rustique plus de matière	végétal acidité moyenne rustique	moins végétal acidité moyenne astringence rondeur
Note globale (/5)	1,6	1,5	2,1	1,6	2

2017	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge rubis violacée	rouge rubis violacée	rouge rubis	rouge rubis violacée	rouge rubis violacée
Arômes- nez	végétal / réglisse	végétal / épice / réglisse / poivron vert	épice / animal	fruité / végétal / réglisse	végétal / épice / réglisse / poivron vert
Arômes- nez	rustique chaleureux	faible intensité	peu aromatique	rustique chaleureux	rustique
Goût- bouche	miel acidité moyenne léger rustique amertume	peu acide amertume	miel équilibré tannins souples	miel fraicheur peu tannique finesse	miel amertume
Note globale (/5)	2,3	2,1	2,8	3	1,9

**Frontenac Blanc**

Le cépage Frontenac blanc produit des vins de couleur jaune avec des reflets dorés (Tab. VI). Des arômes principaux de fruits jaunes, tels que la pêche et la poire, sont perçus pour presque tous les systèmes racinaires, sauf lorsque les plants sont greffés sur le porte-greffe SO4. Des arômes floraux sont aussi très présents. Pour les deux millésimes, les vins des plants francs pied sont plus agressifs et une certaine rusticité est notée. Les vins produits avec le porte-greffe 3309 résultent en des vins plus équilibrés, riches, chaleureux et ayant plus de matière, ce sont les vins les plus appréciés. De façon générale, les vins ont une acidité plutôt élevée qui est relevée pour tous les systèmes racinaires. Le greffage permet d'augmenter l'appréciation globale des vins issus du cépage Frontenac blanc.

Tableau VI : Caractéristiques des vins du cépage Frontenac blanc

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	jaune	jaune	jaune	jaune paille	jaune
Teinte	reflet doré reflet gris	reflet doré	reflet doré	reflet doré	reflet doré
Arômes- nez	Pêche/floral	Pêche/floral/ amande	Pêche/floral	Floral/herbacé / amande	Poire/floral
Arômes- nez	intensité moyenne		moins intense		
Goût- bouche	belle longueur bonne attaque bonne équilibre riche chaleureux volume intéressant belle matière	faible équilibre amertume moins de matière	belle longueur harmonieux volume intéressant	peu complexe peu de volume	peu de longueur maigre agressif
Acidité en bouche	élevée	élevée	moyenne	élevée	élevée
Note globale (/5)	3,5	2,4	3	3	2,2

2017	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	jaune doré	jaune doré	jaune doré	jaune doré	jaune doré
Teinte	rosé	rosé			
Arômes- nez	Floral/litchi/poire	Poire/coing	Poire/floral	floral	Poire
Arômes- nez	bonne intensité	peu aromatique peu intense			bonne intensité
Goût- bouche	belle longueur belle attaque chaleureux beaucoup matière	manque d'équilibre moins de caractère amertume	manque d'équilibre amertume élevé peu agréable	intensité moyenne manque d'équilibre	fraicheur plus agressif rusticité
Acidité en bouche	élevé	moyenne	élevé	moyenne	élevé
Note globale (/5)	3,4	2,5	2,4	2	2

Frontenac gris

Le Frontenac gris produit des vins d'une couleur jaune avec une teinte doré/rosé, causé par la pelure des fruits qui est rouge (Tab. VII). Les arômes perçus au nez sont principalement floraux, et ce pour les deux millésimes, mais des arômes de fraise sont perçus pour les porte-greffes 3309 (2016), 101-14 (2017), Riparia Gloire (2017) et SO4 (2017). L'intensité des arômes au nez est généralement de bonne intensité. En bouche, une acidité élevée est notée pour plusieurs porte-greffes, soit 101-14, SO4 et pied franc. Les vins issus des plants francs de pied sont globalement plus simples et moins expressifs. Pour les deux millésimes, les vins issus des plants greffés sont plus appréciés que les vins issus des plants francs de pied, donc le greffage apporte une meilleure qualité organoleptique aux vins. Autant pour 2016 que 2017, les porte-greffes qui produisent les meilleurs vins sont le 101-14 et Riparia Gloire.

Tableau VII : Caractéristiques des vins du cépage Frontenac gris

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	jaune doré	jaune doré	jaune doré	jaune doré	jaune doré
Arômes- nez	floral / miel/ fraise	floral	floral /fumé	floral	floral
Arômes- nez	intensité moyenne	intensité moyenne fin	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne simple fin
Goût- bouche	court en bouche acidité moyenne amertume en finale	acidité élevée finesse volume	longueur moyenne belle acidité amertume en finale	acidité élevée moins amertume moins agressif	acidité élevée simple maigre
Note globale (/5)	2,4	3,4	2,8	2,5	1,6

2017	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	jaune rosé	jaune rosé	jaune rosé	jaune orange	jaune or ambré
Teinte	orange / or			or / ambré	gris
Arômes- nez	floral / litchi	fruit rouges / fraise	floral / fraise	fraise	floral
Arômes- nez	flatteur bonne intensité	finesse plus délicat intensité moyenne	discret intensité faible	intensité moyenne rustique	peu expressif faible intensité
Goût- bouche	acidité moyenne net astringence	équilibré acidité élevée agréable	bel équilibre souplesse fin frais	acidité élevée peu complexe frais	acidité modérée manque de finesse rustique moins expressif
Note globale (/5)	2,9	3,8	3,5	2,6	2,5

Frontenac

Le cépage Frontenac produit des vins rouges de couleur intense avec un reflet violacé (Tab. VIII). Des arômes de fruits noirs et rouges sont relevés pour les vins produits avec les porte-greffes 3309, 101-14 et Riparia Gloire, tandis que des arômes plus herbacés et végétaux sont présents pour les vins du porte-greffe SO4 et les francs de pied. Une certaine présence tannique est notée avec les quatre porte-greffes, surtout 3309 et Riparia Gloire. En bouche, les porte-greffes apportent une belle structure, une complexité et produisent des vins plus équilibrés. Les vins issus des vignes francs de pied sont plus rustiques et moins équilibrés. L'acidité relativement élevée caractérise les vins du cépage Frontenac. De façon générale, le greffage améliore la qualité des vins ainsi que leur appréciation, les arômes de fruits sont davantage perçus et les vins sont plus structurés. Les vins les plus appréciés sont ceux produits avec les porte-greffes 3309, 101-14 et Riparia Gloire.

Tableau VIII : Caractéristiques des vins du cépage Frontenac

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé
Arômes- nez	Fruit noir/fruit rouge/cacao	Fruit noir/cacao	Fruit rouge/fruit noir/café	Herbacé/fruit confit	Herbacé/fruit confit
Arômes- nez		complexe riche	plus ouvert		riche
Goût- bouche	tannins agréables belle structure	plus évolué complexité riche souple	bonne longueur bonne équilibre tannins astringence	végétal bonne longueur souple amertume légers tannins	moins équilibré astringence plus maigre
Acidité en bouche	moyenne	élevé	moyenne	moyenne	élevé
Note globale (/5)	2,8	3,4	2,8	2,4	1,9

2017	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé
Arômes- nez	Fruit noir /cerise/ épice léger	Fruit noir	Fruit noir/épice léger/végétal	Végétal	Végétal
Arômes- nez	intensité moyenne		intensité moyenne		plus rustique
Goût- bouche	légers tannins belle acidité moins équilibré	légers tannins moins équilibré	légers tannins bel équilibre vif	vif plus végétal acidité ressort	rusticité acidité ressort
Acidité en bouche	élevé	moyenne	élevé	élevé	élevé
Note globale (/5)	3	2,7	2,5	1,9	1,8



Marquette

Le Marquette est un cépage rouge qui résulte en des vins de couleur rouge violacé (Tab. IX). Les arômes prédominants sont les fruits noirs et rouges, mais aussi le cacao et les épices. Des notes herbacées sont parfois notées. De façon générale, les vins du cépage Marquette ont une belle complexité et un bel équilibre, ainsi qu'une pointe d'amertume pour certains. L'appréciation des vins varie selon les millésimes, on note une meilleure note pour le porte-greffe 101-14 en 2016, mais pour le Riparia Gloire en 2017. Le greffage a amélioré l'appréciation des vins en 2017, mais ce n'est pas le cas pour le millésime 2016.

Tableau IX : Caractéristiques des vins du cépage Marquette

2016	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge violacé	rubis foncé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé
Teinte	sombre	reflet mauve/brun			
Arômes- nez	Cacao/fruit noir	Fruit rouge /cacao/pruneau	Végétal/fruit rouge	Fruit noir/herbacé	Fruit noir /herbacé/poivré
Arômes- nez			plus neutre		plus délicat léger
Goût- bouche	astringence légère amertume présence tannins	complexité amertume tannins agréables	belle longueur belle matière agréable	bel équilibre astringence tannins	amertume légère astringence plus végétal
Note globale (/5)	1,9	3,5	2,8	2,2	2,6

2017	3309	101-14	Riparia Gloire	SO4	Pied Franc
Couleur	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé	rouge violacé
Arômes- nez	Fruit noir /cacao/épice	Fruit rouge /végétal/épice	Fruit mur/fruit noir	Épice	Fruit mur
Arômes- nez	intensité moyenne	intensité moyenne plus fin		rustique	intensité moyenne
Goût- bouche	fruité bel équilibre rusticité	tannins rusticité	fruité bel équilibre amertume tannins	fruité plus dilué rusticité	plus grossier plus neutre léger
Note globale (/5)	3,1	2,9	3,4	2,9	2,5



CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet permettent de dresser un portrait intéressant de l'impact du greffage sur six cépages hybrides. Les quatre porte-greffes confèrent des attributs différents aux vignes et quelques tendances peuvent être observées.

D'abord, le type de sol peut grandement influencer la croissance de la vigne et la résistance au froid (par l'aoûtement notamment), ce qui se répercute sur les rendements. L'utilisation du greffage permet à certaines combinaisons cépages/porte-greffe de mieux s'implanter et de croître dans un type de sol lourd, principalement les porte-greffes 101-14 et 3309. Toutefois, bien que certains porte-greffes montrent une meilleure adaptation aux sols lourds que d'autres, les vignes subissent une baisse notable de vigueur et de rendements. La vigne étant une plante préférant des sols bien drainés, ceci confirme que même en utilisant des porte-greffes mieux adaptés aux conditions de sols plus difficiles (sol lourd, argileux, mal drainé), ces mêmes plants se développeraient mieux en conditions de sols plus optimales pour la culture de la vigne.

Lors de ces deux années d'essais, l'utilisation de porte-greffes a démontré un effet positif sur l'absorption des éléments du sol par la vigne, principalement pour le magnésium. La carence en magnésium est une carence qui est fréquente dans la culture de la vigne, et plusieurs cépages sont particulièrement exigeants en cet élément. De façon globale, le greffage permet d'améliorer l'absorption du magnésium pour les cépages Adalmiina et les trois Frontenac. Les porte-greffes les plus efficaces pour l'absorption du magnésium sont le 101-14, 3309 et parfois le Riparia Gloire.

L'utilisation du greffage a eu des impacts variables sur le rendement en raisin et sur la maturation des baies. Globalement, le greffage n'a pas permis d'augmenter le rendement par plant pour les trois Frontenac si on le compare aux plants de vigne sur pied franc. Toutefois, les rendements sur pied franc et sur les porte-greffes 3309 et Riparia Gloire étaient souvent similaires, ce qui fait en sorte que l'on pourrait utiliser le greffage pour répondre à une problématique locale au niveau du sol, par exemple, sans affecter le rendement en raisin. Les rendements en raisin pour les cépages Adalmiina et Baltica ne démontraient pas de tendances particulières, des différences étaient notées entre les différents systèmes racinaires et selon les types de sols. Le cépage Marquette a été peu affecté par le greffage dans les deux types de sols. Enfin, des différences sont notées lors de la maturation du raisin et démontrent que l'influence des porte-greffes est perçue tout au long de la période de maturation des baies. Dans la majorité des cas, il est possible d'observer que 3309 et 101-14 influence l'évolution de la maturation du raisin de manière opposée aux individus plantés francs de pied et ceux greffés sur SO4 ou Riparia Gloire.

Finalement, l'analyse sensorielle a permis de caractériser les vins produits en 2016 et 2017 avec les raisins issus des diverses combinaisons cépage/porte-greffe. Un effet du greffage est noté au niveau des propriétés des vins ainsi que de leur appréciation. Globalement, le greffage permet d'améliorer la qualité des vins et de réduire les aspects plus rustiques et végétal souvent retrouvés dans les vins des plants francs de pied.



La collecte de données sur les cinq dernières années permet de dresser un portrait plus juste de l'effet du greffage sur les six cépages hybrides à l'étude. La vigne a débuté sa production de raisin et elle atteindra sa maturité optimale en 2018. La poursuite de la collecte de données serait intéressante afin de vérifier l'évolution des divers paramètres dans le temps. Diverses sources mentionnent que certains porte-greffes, tels que le Riparia Gloire, demandent davantage de temps pour s'implanter et que les effets sur le greffon sont observés à partir de la 5-6^{ième} année suite à l'implantation. Déjà quelques tendances se démarquent et les producteurs pourraient utiliser certains de ces résultats pour s'adapter aux conditions de sol qui sont retrouvées dans leur vignoble.

RÉFÉRENCES

- Avenard, J.C., L. Bernos, O. Grand et B. Samie. 2003. Manuel de production intégrée en viticulture. Editions Feret.
- Barriault, E.. 2011. Guide d'implantation de la vigne. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 118 p.
- Bates, T.. 2005. Grapevine root biology and rootstocks selection in the eastern U.S. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Missouri. P.8-13.
- Bates, T., G. English-Loeb, R.M. Dunst, T. Taft et A. Lakso. 2003. The Interaction of Phylloxera Infection, Rootstock, and Irrigation on Young Concord Grapevine Growth. Cornell University, New York.
- Climaco, P., L.C. Carneiro et R. Castro. 1999. Influence du cépage et du porte-greffe sur le rendement et la qualité du moût. Bulletin OIV 72:631-641.
- Cousins, P. 2005. Evolution, genetic, and breeding: Viticulture applications of the origins of our rootstocks. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Missouri. p 1-6.
- Cousins, P. et T. Bates. 2003. Evaluation of rootstocks for Concord and Niagara grapes in the Lake Erie production region. Cornell University, New York.
- Dubé, G. et I. Turcotte. 2011. Guide d'identification des cépages cultivés en climat froid. Richard Grenier Éditeur. 216 p.
- Galet, P. 2000. Précis de viticulture. Lavoisier Editions. 600 p.
- Howell, G.S..2005. Rootstock influence on scion performance. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Missouri. p 47-56.
- Köse, B. (2014). Effect of Rootstock on Grafted Grapevine Quality. *European Journal of Horticultural Science*, 79(4), 197-202.
- Krstic, M. 2005. Manipulating grape composition and wine quality through the use of rootstocks. Proceedinds of the 2005 Rootstock Symposium. Missouri. p.34-46
- Main, G., Morris, J., & Striegler, K. (2002). Rootstock Effects on Chardonel Productivity, Fruit, and Wine Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(1), 37-40.
- McCraw, B.D., W.G. McGlynn et R.K. Striegler. 2005. Effect of rootstock on growth, yield and juice quality of vinifera, américain and hybrid wine grapes in Oklahoma. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Missouri. p 61-66.
- Morena Luna, L., Reynolds, A., & Di Profio, F. (2017). Crop Level and Harvest Date Impact Composition of Four Ontario Wine Grape Cultivars. I. Yield, Fruit, and Wine Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1-40.
- Pedneault, K. (2014). *Évaluation de la qualité du raisin lors de la récolte de cinq cépages rouges cultivés au Québec, selon des paramètres sensoriels, technologiques, phénoliques et aromatiques*. Centre de Développement Bioalimentaire du Québec. Québec: CDBQ.



- Pl@ntGrape 2007. Le catalogue des vignes cultivées en France, © UMT Géno-Vigne®, INRA – IFV – Montpellier SupAgro 2009-2011 (En ligne) <http://www.vignevin.com/> (consulté le 15 février 2014).
- Provost, C., N. Guerra et F. Dumont. 2014. Évaluation du greffage de divers cépages rustiques. Rapport final MAPAQ-PSIH. 61p.
- Provost, C. (2017). *Rapport annule sur le rendement 2016-2017*. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel. Mirabel: CRAM.
- Reynier, A. (2012). *Manuel de viticulture* (Vol. 11). Paris: Lavoisier.
- Reynolds, A.G et D.A. Wardle. 2001. Rootstocks impact vine performance and fruit composition of grapes in British Columbia. *Hortechology* **11**:419-427.
- Reynolds, A., Wardle, D., Cliff, M., & King, M. (2004). Impact of Training System and Vine Spacing on Vine Performance, Berry Composition, and Wine Sensory Attributes of Seyval and Chancellor. *American Journal of Enology and Viticulture*, *55*(1), 84-95.
- Spring, J.-L., Verdenal, T., Zufferey, V., Gindro, K., & Viret, O. (2012). Influence du porte-greffe sur le comportement du cépage Cornalin dans le Valais central. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, *44*(5), 298-307.
- Sun, Q., Sacks, G., Lerch, S., & Vanden Heuvel, J. (2011). Impact of Shoot Thinning and Harvest Date on Yield Components, Fruit Composition, and Wine Quality of Marechal Foch. *American Journal of Enology and Viticulture*, *62*(1), 32-41.
- VineTech Canada. (En ligne) <http://www.vinetechcanada.com/>
- (Consulté le 16 février 2014).
- Wolpert, J. 2005. Selection of Rootstocks: implication for quality. Proceedings of the 2005 Rootstock Symposium. Miss.p25-34
- Wolf, T.K. 2008. Wine grape production guide for Eastern North America. Plant and life Sciences Publishing. New York. 336p.
- Zerouala, L. 2010. La culture de la vigne au Québec, tout ce que vous devez savoir. Document Agriréseau. 12 février 2010.



Annexe 1 : Protocoles détaillées des vinifications

PROTOCOLE D'ÉLABORATION DES VINS ROUGES © Oenoquebec 2010

Préparer et laver la cuverie et la tuyauterie : cf. procédé Iriacombi (Iriatartre + Iriamat)

1. Protection de la vendange (arômes, oxydation)

- Raisonner l'éraflage et le foulage : favoriser les encuvages en grains entiers
- Encuvage : favoriser la gravité et les pompages doux, sulfiter à **4 g/hl** (80 mL solution 5%) au fur et à mesure du remplissage calculé à partir du volume final de vin

2. Fermentation alcoolique

- Levures : cf. « Guide d'Utilisation des Levures Oenofrance », et protocole réactivation d'un levain
- Levurer en fond de cuve en début de remplissage. Homogénéisation par un remontage sans air 24-48 h après début remplissage
- Fin de fermentation, à diluer en premier dans l'eau de réhydratation des levures
- Corrections si nécessaires, en présence de carences en azote assimilable
- Arrêts de fermentation, agir dès les premiers symptômes

3. Macération/Extraction

Cette phase débute dès l'encuvage, se poursuit pendant la fermentation alcoolique et se finit au démarcage des cuves

(Écoulage/Pressurage)

- Durée :

_ Vin souple, de qualité : 8-10 jours, écoulage fin FA (température de fermentation = **26-28°C**)

- Techniques :

- Extraction : raisonner la ou les méthodes employées selon la matière initiale et le produit final souhaité. 3 méthodes d'extraction, complémentaires, à gérer selon maturité de la vendange.

4. Écoulage

- Laisser débourber le jus de coule 12 h (une nuit), puis soutirer.

- **Soutirage**

5. Pressurage

- Privilégier les montées en pression lentes, jusqu'à 2 bars maximum, les paliers et les rebêches
- Les fins de presse sont riches en tannins astringents et arômes végétaux : séparer en deux types de presses les jus obtenus

- Sulfitage des presses à **3 g/hl** (60 ml solution 5%) en sortie de pressoir

- Laisser débourber le jus de coule 12 h (une nuit), puis soutirer.

- **Soutirage**

6. Fermentation malolactique

- Avant: ajuster la température à 20-22°C, vérifier le SO₂ et corriger impérativement les réductions (soutirage)

- Ensemencer tout de suite en fin de FA, car l'efficacité de l'ensemencement diminue avec le temps

- Bactéries à déterminer

7. Soutirage Fin de FML

À l'air en cas de réduction (attendre 24h avant le sulfitage) + Sulfitage à **4-5 g/hl** (80-100 ml solution SO₂ 5%)

8. Élevage (cuve ou barrique)

- Sur lies totales : élevage long (> 10 mois) (Attention: surveiller les réductions)

- Bâtonnage : permet de gérer la réduction, la fréquence dépend du temps de sédimentation et de la dégustation (cf. protocole bâtonnage)

- **Soutirage**

9. Clarification

- Clarification, 7 à 15 jours sur colle

- **Soutirage**

10. Stabilisation Bitartrique

- Sur du vin clarifié (l'efficacité du traitement sera alors plus grande) et dans des cuves pleines.

- Sans utilisation de Bitartrate de potassium

_ Amener et maintenir le vin entre -4 et 0°C pendant 1 semaine.



- _ Homogénéiser au 4^{ème} jour.
- _ Laisser remonter la température à 10-12°C puis soutirer.

_ Soutirage

11. Filtration

- Selon le degré de limpidité du vin, procéder à des filtrations successives

12. Mise en bouteille

- SO₂ libre 25-30 mg/l, si nécessaire

PROTOCOLE D'ÉLABORATION DES VINS BLANCS @ Oenoquebec 2010

Préparer et laver la cuverie et la tuyauterie : cf. procédé Iriacombi (Iriatartre + Iriamat)

1. Protection de la vendange (arômes, oxydation)

- Inertage par glace carbonique (10kg/1000kg ou 1.5 kg/hl)

2. Pressurage

- Vendange éraflée ou non selon maturité des rafles (si éraflée, incorporer 10% de rafle pour optimiser le drainage lors du pressurage)
- Dégustation régulière des jus afin d'établir une sélection : fractionner les jus si possibles (1er et derniers jus moins qualitatifs)
- Sulfitage régulier à **4-5 g/hl** (80-100 ml solution SO₂ à 5%) directement sur les jus en sortie de pressoir
- Privilégier les montées en pression lentes (jusqu'à 2 bars maximum), les paliers et les rebêches

3. Débourage

- Objectif sur vendange saine : 80-150 NTU
- Débourage statique : refroidir à 8-12°C pendant 12 heures maximum
- OU débourage enzymatique :
 - _ Refroidissement à 15-18°C pendant 3 à 6 heures
 - Et enzymage (poudre, action rapide)

• Soutirage

4. Fermentation alcoolique

- Levures : cf. « Guide d'Utilisation des Levures Oenofrance » et protocole réactivation d'un levain
- Levurer par le haut lorsque la cuve est pleine
- Fins de fermentation, à diluer en premier dans l'eau de réhydratation des levures
- Température : maintenir en dessous de 20°C (chercher une chute de densité entre 5 et maximum 10 points/jours)
- Corrections si nécessaires, en présence de carences en azote assimilable

À d=1070-1060 (1/3 fermentation) :

- Arrêts de fermentation, agir dès les premiers symptômes

• Soutirage

5. Fermentation malolactique (si souhaitée)

- À raisonner selon le rapport Tartrique/Malique, déconseillée sur vins aromatiques à rotation rapide
- Avant : ajuster la température à 20-22°C, vérifier le SO₂ et corriger impérativement les réductions (soutirage)
- Ensemencer tout de suite en fin de FA, car l'efficacité de l'ensemencement diminue avec le temps

6. Soutirage Fin FML

- À l'air en cas de réduction (attendre 24h avant le sulfitage)
- Sulfitage à **5-6 g/hl** (100-120 ml/hl solution SO₂ 5%) OU **8-10 g/hl** (160-200 ml/hl solution SO₂ 5%) en cas de mutage pour préserver sucres résiduels

7. Élevage

- Sur lies totales : élevage long (> 4-6 mois) (Attention: surveiller les réductions)
- Ou sur lies fines.
- Bâtonnage : permet de gérer la réduction, la fréquence dépend du temps de sédimentation et de la dégustation (cf. protocole bâtonnage)

• Soutirage

8. Clarification



- Clarification douce

- **Soutirage**

9. Stabilisation Bitartrique

- Sur du vin clarifié (l'efficacité du traitement sera alors plus grande) et dans des cuves pleines.

- Sans utilisation de Bitartrate de potassium

_ Amener et maintenir le vin entre -4 et 0°C pendant 1 semaine.

_ Homogénéiser au 4^{ième} jour.

_ Laisser remonter la température à 10-12°C puis soutirer.

- _ **Soutirage**

10. Filtration

- Selon le degré de limpidité du vin, procéder à des filtrations (conformité SAQ = stérile).

11. Mise en bouteille

- SO₂ libre 25-30 mg/l, si nécessaire

4. Enjeux

- Décrivez les défis auxquels vous vous êtes heurtés ou les préoccupations que vous avez eues pendant le projet. Comment les avez-vous surmontés ou comment prévoyez-vous les surmonter?
- Décrivez tout changement survenu par rapport au plan de travail initial et au budget prévu. Comment ces changements ont-ils été ou seront-ils pris en charge?

Les risques concernant ce projet sont minimes, mais il y en a quelques-uns, dont :

1. Les conditions climatiques pourraient causer des dommages à la vigne (ex: gel hivernal, printanier, automnal, grêle). Cependant cet aspect est considéré dans l'étude et permettra de dresser un portrait des combinaisons cépage/porte-greffe. Les dommages de gels hivernaux ont été davantage notés dans la parcelle implantée dans le sol argileux, mais la parcelle en loam graveleux est peu affectée par le gel et les rendements ont été très importants dans cette parcelle. Ce qui n'a pas limité la quantité de raisin pour la production de vin.
2. L'instabilité des vins lors des fermentations de petits volumes. Il est souvent constaté que la vinification en petits volumes peut être instable et causer des défauts au vin. Le CRAM possède des cuves de petits volumes (100 ou 150L) à chapeau flottant qui permettent de réduire l'oxydation des vins lors des fermentations et de mieux contrôler les processus de fermentation. Avec le matériel utilisé, aucun problème et défaut de fermentation n'est survenu.

Aucun changement n'a été apporté au projet initial.



5. Leçons apprises

Décrivez les principales leçons apprises dans le cadre du projet (p. ex. une approche plus efficace permettant d'exécuter une tâche particulière pour une activité ou un projet).

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet permettent de dresser un portrait intéressant de l'impact du greffage sur six cépages hybrides. Les quatre porte-greffes confèrent des attributs différents aux vignes et des tendances peuvent être observées.

D'abord, le type de sol peut grandement influencer la croissance de la vigne et la résistance au froid (par l'aoûtement notamment), ce qui se répercute sur les rendements. L'utilisation du greffage permet à certaines combinaisons cépages/porte-greffe de mieux s'implanter et de croître dans un type de sol lourd, principalement les porte-greffes 101-14 et 3309. Toutefois, bien que certains porte-greffes montrent une meilleure adaptation aux sols lourds que d'autres, les vignes subissent une baisse notable de vigueur et de rendements. La vigne étant une plante préférant des sols bien drainés, ceci confirme que même en utilisant des porte-greffes mieux adaptés aux conditions de sols plus difficiles (sol lourd, argileux, mal drainé), ces mêmes plants se développeraient mieux en conditions de sols plus optimales pour la culture de la vigne.

Lors de ces deux années d'essais, l'utilisation de porte-greffes a démontré un effet positif sur l'absorption des éléments du sol par la vigne, principalement pour le magnésium. La carence en magnésium est une carence qui est fréquente dans la culture de la vigne, et plusieurs cépages sont particulièrement exigeants en cet élément. De façon globale, le greffage permet d'améliorer l'absorption du magnésium pour les cépages Adalmiina et les trois Frontenac. Les porte-greffes les plus efficaces pour l'absorption du magnésium sont le 101-14, 3309 et parfois le Riparia Gloire.

L'utilisation du greffage a eu des impacts variables sur le rendement en raisin et sur la maturation des baies. Globalement, le greffage n'a pas permis d'augmenter le rendement par plant pour les trois Frontenac si on le compare aux plants de vigne sur pied franc. Toutefois, les rendements sur pied franc et sur les porte-greffes 3309 et Riparia Gloire étaient souvent similaires, ce qui fait en sorte que l'on pourrait utiliser le greffage pour répondre à une problématique locale au niveau du sol, par exemple, sans affecter le rendement en raisin. Les rendements en raisin pour les cépages Adalmiina et Baltica ne démontraient pas de tendances particulières, des différences étaient notées entre les différents systèmes racinaires et selon les types de sols. Le cépage Marquette a été peu affecté par le greffage dans les deux types de sols. Enfin, des différences sont notées lors de la maturation du raisin et démontrent que l'influence des porte-greffes est perçue tout au long de la période de maturation des baies. Dans la majorité des cas, il est possible d'observer que 3309 et 101-14 influence l'évolution de la maturation du raisin de manière opposée aux individus plantés francs de pied et ceux greffés sur SO4 ou Riparia Gloire.

Finalement, l'analyse sensorielle a permis de caractériser les vins produits en 2016 et 2017 avec les raisins issus des diverses combinaisons cépage/porte-greffe. Un effet du greffage est noté au niveau des propriétés des vins ainsi que de leur appréciation. Globalement, le greffage permet d'améliorer



la qualité des vins et de réduire les aspects plus rustiques et végétal souvent retrouvés dans les vins des plants francs de pied.

6. Possibilités futures connexes

Décrivez les prochaines étapes pour les innovations produites dans le cadre de l'activité ou du projet. Faut-il mener des travaux de recherche supplémentaires? Les innovations peuvent-elles être commercialisées ou adoptées? Si vous n'avez aucune prochaine étape prévue, veuillez fournir une explication.

La collecte de données sur les cinq dernières années permet de dresser un portrait plus juste de l'effet du greffage sur les six cépages hybrides à l'étude. La vigne a débuté sa production de raisin et elle atteindra sa maturité optimale en 2018. La poursuite de la collecte de données serait intéressante afin de vérifier l'évolution des divers paramètres dans le temps. Diverses sources mentionnent que certains porte-greffes, tels que le Riparia Gloire, demandent davantage de temps pour s'implanter et que les effets sur le greffon sont observés à partir de la 5-6^{ième} année suite à l'implantation.

Les résultats obtenus ont été présentés aux producteurs et certains ont déjà utilisé les données de ce projet pour sélectionner une combinaison cépage/porte-greffe de façon à s'adapter aux conditions spécifiques de leur site. Les résultats de ce projet sont aussi très attendus pour la compagnie Vinetech Canada (Ontario), pépiniériste important de l'est du Canada, pour produire des plants greffés qui seront vendus aux producteurs, mais aussi pour orienter les achats des producteurs selon leurs besoins.