

Évaluation des maturités technologique, phénolique et aromatique de quatre cépages rustiques du Québec



RAPPORT FINAL **Projet PSIH11-1-542**

Présenté au
Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec

Rédigé par :
Karine Pedneault, *Ph.D.*
Chercheure postdoctorale, Université Laval

Collaborateurs :
Paul Angers, *Ph.D.*, professeur, Université Laval
Gaëlle Dubé, agr., conseillère en viticulture
Isabelle Turcotte, agr., conseillère en viticulture
Vignerons indépendants du Québec (VIQ)

Québec
15 février 2012

Résumé

La maturité technologique (sucres, acidité, pH), phénolique et aromatique des cépages rouges Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois a été suivie de la véraison à la récolte commerciale, dans deux vignobles situés dans la région de Québec et en Montérégie (Frontenac et Marquette seulement). Les résultats ont permis d'évaluer la qualité des cépages au court du mûrissement et à la récolte, d'évaluer la présence de marqueurs de maturité et de définir des critères de référence pour la qualité des cépages à l'étude. Les paramètres technologiques et les profils aromatiques ont été les données les plus probantes quant à l'évaluation de la qualité des cépages. Du côté de la maturité phénolique, un travail approfondi sera nécessaire afin de déterminer la nature, l'apport organoleptique, et l'évolution des composés phénoliques au cours de la maturité. Enfin, l'analyse sensorielle du raisin, effectuée à chaque semaine d'échantillonnage, a donné des résultats encourageants ; les recherches en ce sens seront poursuivies. En effet, cette analyse, peu coûteuse pour le vigneron, donne beaucoup d'informations lorsqu'elle est faite de façon méthodique.

Une maturité complète a été obtenue en Montérégie, pour les cépages Frontenac et Marquette, aussi bien sur le plan technologique qu'aromatique. Par contre, dans la région de Québec, Frontenac n'a pas complété son mûrissement technologique et une meilleure maturité aromatique aurait été souhaitable. Marquette, qui est demeuré trop acide dans la région de Québec, est néanmoins un cépage prometteur pour cette région, à cause de sa maturité hâtive et de son profil aromatique semblables aux cépages *V. vinifera*. Pour Radisson et Sabrevois, des données supplémentaires devront être accumulées afin de déterminer quelle maturité est souhaitée pour ces cépages qui présentent notamment une lacune au niveau de l'accumulation des sucres, associée à des profils aromatiques particuliers. Dans le cas de Sabrevois par exemple, l'accumulation d'eugénol (arôme épicé/fumé) au cours de la maturation est importante même à 14°Brix, une teneur en sucre insuffisante pour la vinification. Des recherches supplémentaires seront nécessaires afin de déterminer si ce caractère est souhaitable ou non dans un contexte œnologique.

Les résultats ont montré des profils aromatiques très différents d'un cépage à l'autre, suggérant aussi certaines complémentarités entre les cépages à l'étude. Des profils semblables ont été trouvés pour Marquette et Frontenac, à l'exception que Marquette contient aussi des terpènes floraux. De même, Radisson et Sabrevois ont montré des profils riches en esters fruités et en 2-phényléthanol (arôme floral). Le mariage Marquette-Frontenac serait potentiellement avantage par l'ajout de Radisson ou de Sabrevois, à condition que les paramètres de base soient bien contrôlés (taux de sucres et acidité). Radisson et Sabrevois seraient intéressants en vins rosés, mais en rouge, la macération des pellicules de Sabrevois devrait être contrôlée de près à cause du caractère fortement fumé/épicé du cépage.

Remerciements

Ce projet a été développé et réalisé en collaboration avec plusieurs intervenants, dont l'association des Vignerons Indépendants du Québec (VIQ, en particulier : Charlotte Reason, Louis Chassé et André Brunel), avec la participation de Sébastien Brossard (Conseil québécois de l'horticulture), qui a fait le suivi du projet. Les agronomes-conseillères en viticulture Gaëlle Dubé et Isabelle Turcotte ont été impliquées dans le suivi agronomique des vignobles à l'étude, lors des échantillonnages et surtout lors de l'analyse sensorielle des raisins ; leur grande compétence en viticulture a fortement contribué au succès de cette étude. Un grand merci également au Dr Paul Angers, du Département des sciences des aliments de l'Université Laval, qui a apporté son expertise scientifique et parrainé ce projet. Nous aimerions également souligner la participation remarquable de Karl Lambert, étudiant-stagiaire en Sciences et technologie des aliments à l'Université Laval, qui a apporté une aide précieuse lors de la réalisation des travaux de laboratoire. De même, nous souhaitons remercier chaleureusement Matteo Meglioli, chimiste (Mosti Mundial) et Pascal Dubé, chimiste (Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, Université Laval) qui ont effectué une partie des analyses avec un professionnalisme hors-pair. Enfin, ce projet n'aurait pu être réalisé sans la participation financière du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ), via le programme de soutien à l'innovation horticole (PSIH).

**Photo en couverture : le cépage Marquette, photographié par Gaëlle Dubé, agr.

Table des matières

Résumé.....	2
Remerciements.....	3
Table des matières.....	4
I. Introduction.....	6
II. Résumé de la méthodologie.....	7
a. Description des vignobles.....	7
b. Dispositif expérimental.....	8
III. Résultats et discussion.....	11
a. Analyses sensorielles descriptives.....	11
b. Physiologie.....	13
c. Maturité technologique.....	14
d. Maturité phénolique.....	19
e. Maturité aromatique.....	22
IV. Détermination de marqueurs de maturité pour les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois.....	26
V. Évaluation du potentiel œnologique des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois à partir de la qualité des raisins.....	28
VI. Conclusion.....	29
Références.....	31

Liste des tableaux et figures

Tableau 1. Nombre de plants, rendements et date de la récolte commerciale pour chacun des vignobles et cépages à l'étude.....	7
Tableau 2. Paramètres mesurés ou calculés sur les échantillons prélevés au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.	10
Tableau 3. Liste des descripteurs inclus dans la méthode d'analyse sensorielle du raisin de Rousseau et Delteil (2001) utilisée au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.....	11
Tableau 4. Descripteurs ayant suivi une évolution relativement linéaire au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac (F), Marquette (M), Radisson (R) et Sabrevois (S) pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.....	12
Tableau 5. Rendement en moût (L/kg raisin), lors de la récolte commerciale 2011, pour les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, cultivés dans la région de Québec et des cépages Frontenac et Marquette, cultivés en Montérégie.....	13
Figure 1 : Évolution du poids moyen des baies (g/baie) au cours du mûrissement, pendant la véraison 2011, des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette, en Montérégie (B).	14
Tableau 6 : Maturité technologique : sucres (°Brix), acidité totale (g/L équ. ac. tartrique), indice de maturité technologique (IMT, ratio sucres/acidité totale) et pH de Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec.....	16
Tableau 7 : Maturité technologique : solides solubles totaux (°Brix), acidité totale (g/L équ. ac. tartrique) et indice de maturité technologique (IMT, ratio solides solubles totaux/acidité totale) de Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie.....	18
Figure 3 : Teneur en composés phénoliques totaux (mg équ. ac. gallique/L) au cours du mûrissement pendant la véraison 2011 des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette en Montérégie (B).	20
Figure 4 : Teneur en anthocyanes totales (mg équ. malvidine-3-glucoside/L) pendant la véraison 2011, des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette en Montérégie (B).	20
Tableau 8 : Teneur en composés phénoliques totaux, en esters hydroxycinnamiques, en flavonols et en anthocyanes totales chez les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec, et les cépages Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie, lors de la récolte commerciale de 2011.	21
Tableau 9 : Composés analysés dans le moût de raisin, au cours de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois.....	23
Tableau 10 : Résumé de l'évolution des profils aromatiques au cours de la véraison, et concentration en composés herbacés, composés fruités, terpènes floraux, C ₁₃ -norisoprénoides et phénols volatils lors de la récolte commerciale des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec et des cépages Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie.....	25

I. Introduction

Le goût du vin, son arôme et sa structure se construisent au cours des trois grandes étapes que sont la production d'un raisin de qualité, la fermentation et le vieillissement. Si les techniques œnologiques ont une importance capitale dans la production d'un vin de qualité, l'ensemble des opérations est grandement facilité par la production d'un raisin de qualité optimale au champ.

La qualité d'un raisin se mesure selon différents paramètres plus ou moins subjectifs, selon le style de vin désiré, les principaux sont : 1) les paramètres de base tels que la teneur en sucres, l'acidité et le pH ; 2) la concentration et la structure chimique des composés phénoliques, qui détermine leur contribution sensorielle (astringence, amertume, etc.) ; 3) la concentration et la structure des arômes, qui tiennent un rôle déterminant dans le bouquet du vin, apportant des notes herbacées, fruitées, florales, etc.

Au cours de la maturité, ces paramètres évoluent pour éventuellement atteindre un niveau optimal. Toutefois, il est rare qu'ils arrivent à point tous en même temps, de façon à déterminer une date de récolte où teneur en sucres, acidité, pH, composés phénoliques et arômes seraient à un niveau parfait. Ça ne serait pas non plus forcément souhaitable car la décision de vendanger est aussi guidée par le style de vin que le producteur souhaite produire, bien que la liberté de ce côté soit plus limitée dans un environnement comme le Québec, où il est primordial de mûrir le raisin avant l'arrivée des premiers gels d'automne.

De nombreuses études ont été menées sur la maturité technologique, phénolique et aromatique des cépages issus de *Vitis vinifera* (Pirie & Mullins, 1977 ; Bisson, 2001 ; Conde *et al.*, 2007). Au contraire, les travaux réalisés jusqu'ici sur la maturité des cépages rustiques tels que Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois sont demeurés relativement sommaires d'un point de vue œnologique. Ces cépages, en partie développés via le *Grape Breeding Project* de l'Université du Minnesota (<http://www.grapes.umn.edu/expertise.html>), ont la particularité d'être des variétés interspécifiques issues du croisement de différentes espèces de vignes, incluant notamment *Vitis vinifera*, *Vitis riparia* et *Vitis labrusca* (Dubé & Turcotte, 2011). Jusqu'ici, les quelques études menées sur la maturité de ces cépages portaient avant tout sur les paramètres de maturité technologique tels que la teneur en sucres, l'acidité totale et le pH (Provost & Campagnaro 2011 ; Provost & Campagnaro, 2011b). Bien que de telles études fournissent des données précieuses sur le comportement des cépages rustiques en sol québécois, il est désormais nécessaire de s'intéresser à la maturité phénolique et aromatique de ces cépages, car ces paramètres sont d'une importance majeure dans l'élaboration d'un vin de qualité

Dans cette optique, ce projet, développé en collaboration avec les Vignerons Indépendants du Québec (VIQ), visait l'évaluation des maturités technologiques, phénoliques et aromatiques de la véraison jusqu'à la maturité, chez les cépages rouges Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, cultivés dans la région de Québec, et chez les cépages rouges Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie. L'étude de leur composition chimique intrinsèque était particulièrement ciblée afin d'apporter une connaissance approfondie de ces cépages dont la culture est passablement répandue au Québec.

II. Résumé de la méthodologie

a. Description des vignobles

Deux vignobles commerciaux ont participé à cette étude. Le premier vignoble, situé sur la rive sud de Québec, dans la région de Chaudière-Appalaches, est planté dans une plaine, sur un sol de type schiste-sableux, avec un bon drainage et un pH de 5,3 à 6,3. Le site présente une légère pente orientée vers le nord. Le système de taille utilisé est le Cordon de Royat (2690 plants/ha), l'écimage y est léger (on conserve un couvert végétal d'environ 1-1,2 m haut X 30-45 cm d'épaisseur) et l'enherbement est contrôlé par paillis de plastique. La charge est habituellement autour de 30 à 40 bourgeons par plant, selon les variétés. Les rendements obtenus pour les variétés à l'étude dans ce vignoble, soient Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, sont énoncés au tableau 1.

Le second vignoble, situé dans les environs de St-Paul-d'Abbotsford, en Montérégie, est planté sur les abords du Mont Yamaska, sur un sol de type loam-sableux, avec un drainage allant de moyen à excellent et un pH de 6,2 à 6,4. Le site présente une exposition principale sud-ouest. Les vignes y sont plantées en Cordon de Royat (4000 plants/ha), l'écimage est variable (on conserve un couvert végétal d'environ 1 m haut X 30-45 cm d'épaisseur) et l'enherbement est contrôlé par herbicide. La charge est habituellement autour de 30 à 35 bourgeons par plant, selon les variétés. Les rendements obtenus pour les variétés à l'étude dans ce vignoble, soient Frontenac et Marquette, sont énoncés au tableau 1.

Tableau 1. Nombre de plants, rendements et date de la récolte commerciale pour chacun des vignobles et cépages à l'étude.

Vignoble - Région	Cépage	Nombre de plants (rangées*plants)	Rendement par parcelle (kg)	Rendement par plant (kg/plant)	Rendement (kg/hectare)	Récolte commerciale (date)
Vignoble 1 : Québec	Frontenac	480 (6 * 80)	2022	4.2	11336	18 octobre
	Marquette	156 (2 * 78)	341	2.2	5889	11 octobre
	Radisson	490 (7 * 70)	3324	6.8	18254	11 octobre
	Sabrevois	490 (7 * 70)	2524	5.2	13864	13 octobre
Vignoble 2 : Montérégie	Frontenac	540 (9 * 60)	1597	3.0	11828	13 octobre
	Marquette	300 (3 * 100)	542	1.8	7224	4 octobre

Au niveau climatique, la saison 2011 a été plutôt satisfaisante, mais la période de maturation du raisin a été relativement ordinaire. Les pluies ont été assez fréquentes dans la région de Québec, où l'ouragan Irène a frappé de plein fouet au début septembre. De plus, le 6 et le 7 octobre, juste avant le dernier échantillonnage (survenu le 11 octobre), la température est tombée sous zéro (-0.7 et -2.3°C, respectivement), ce qui a provoqué le flétrissement du feuillage chez pratiquement tous les cépages à l'étude dans la région de Québec. Les échantillons ont été récoltés entre 848 et 1035 degrés-jours (base 10), à une semaine d'intervalle.

En Montérégie, la température a été plus clémente, bien que la période de maturation ait été plus ordinaire. Quelques pluies ont été enregistrées, surtout en septembre et octobre, mais aucun gel n'est survenu pendant la période d'échantillonnage. Par contre, à la fin de la saison, plusieurs grappes de Marquette étaient touchées par une infection fongique, probablement du genre *Botrytis*, bien qu'une identification formelle n'ait pas été effectuée ; lors de l'échantillonnage, un effort particulier a été mis afin de ne prélever que des grappes n'ayant pas été touchées par le champignon. Enfin, en Montérégie, les échantillons ont été récoltés entre 931 et 1380 degrés-jours (base 10) pour Frontenac et entre 931 et 1332 degrés-jours (base 10) pour Marquette (un cépage plus hâtif), à une semaine d'intervalle.

b. Dispositif expérimental

L'échantillonnage s'est échelonné de la fin août à la mi-octobre dans la région de Québec (sept semaines au total), et du début août à la mi-octobre en Montérégie (dix semaines pour Frontenac et huit semaines pour Marquette). À chaque semaine, trois plants sélectionnés selon un plan entièrement aléatoire étaient échantillonnés dans chacune des parcelles expérimentales. Chaque échantillon était constitué de 10 à 12 grappes, pour un total d'environ un kilogramme par échantillon. Ce dispositif expérimental, qui permettait avant tout une comparaison des dates d'échantillonnage pour un même cépage, a été validé auprès du Bureau de consultation statistique de l'Université Laval. Un tel plan ne permettait toutefois pas une comparaison entre les régions (par exemple, le Frontenac en Montérégie et le Frontenac à Québec).

Pour chacun des échantillons, une analyse sensorielle du raisin comportant une vingtaine de descripteurs a été effectuée à chaque semaine d'échantillonnage, selon la méthode de Rousseau et Delteil (2001). Ces analyses avaient pour objectif l'évaluation de la méthode de Rousseau et Delteil afin d'éventuellement l'adapter aux cépages rustiques et semi-rustiques. Ces analyses, qui étaient avant tout exploratoires, étaient faites par trois personnes sur un échantillon de six baies prélevées au hasard dans les échantillons récoltés¹.

Au laboratoire, la mesure des données physiologiques et des paramètres de maturité technologique, phénolique et aromatique listés au tableau 2 ont été effectuées. Entre 8 et 10 grappes par échantillon étaient égrappées, mélangées et 200 baies étaient pesées afin d'évaluer le poids moyen par baie. Ensuite, l'ensemble des baies égrappées était broyé dans un mixeur domestique, à faible vitesse, afin de recueillir une partie de l'homogénat pour l'analyse des composés phénoliques par la méthode de Glories. Ensuite, les baies étaient broyées à grande vitesse, centrifugées à 10000 rpm pendant 10 minutes afin de recueillir le jus. Le rendement en moût et en marc était mesuré, 10 grammes d'homogénat était mis à sécher dans une étuve pour la détermination de la teneur en eau et 100 mL de moût étaient envoyés en laboratoire privé pour l'analyse des paramètres de maturité technologique et autres paramètres de base, tels que la teneur en azote assimilable (*Yeast assimilable nitrogen* – YAN) et en potassium. Enfin, l'analyse des

¹ La méthode de Rousseau et Delteil préconise un échantillon de trois baies.

composés phénoliques et des arômes étaient conduites sur le moût par spectrophotométrie UV-visible et GC-MS-SPME, respectivement.

Les analyses statistiques ont été effectuées avec la procédure Mixed du logiciel SAS (SAS Institute, Cary, Caroline du Nord). Les dates de récoltes ont été comparées pour chacun des cépages. Par ailleurs, étant donné que la méthode d'analyse sensorielle de Rousseau et Delteil (2001) était à l'essai au cours de la saison 2011, les analyses sensorielles descriptives n'ont pas été répétées et aucune statistique n'a été effectuée sur ces résultats. Il s'agit donc de mesures strictement observatoires.

Enfin, en cours de projet, certaines mesures et objectifs initialement prévus n'ont pu être réalisés : l'analyse des précurseurs d'arômes a été abandonnée à cause d'un problème d'appareillage tandis que le temps a manqué pour la rédaction du guide de récolte à l'intention des vigneron. Cependant, afin de diffuser un maximum d'information aux vigneron, qui sont les premiers intéressés par les données obtenues dans le cadre de ce projet, ce rapport a intentionnellement été allongé de façon substantielle ; par la suite, une version davantage vulgarisée sera rédigée pour diffusion sur Agri-réseau.

Tableau 2. Paramètres mesurés ou calculés sur les échantillons prélevés au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.

Type de donnée	Paramètre	Méthode
Analyse sensorielle descriptive	20 descripteurs touchant la maturité de la pellicule, de la pulpe et des pépins	Rousseau et Delteil, 2000
Maturité technologique ¹	Sucres (°Brix)	OIV-MA-AS2-02
	Acidité totale (g/L)	OIV-MA-AS313-01
	Ratio Sucres/Acidité totale	- ²
	pH	OIV-MA-AS313-15
	Densité (g/L)	OIV-MA-AS312-01A
	Sucres réducteurs (g/L)	Méthode Lüff
	Acide citrique (g/L)	OIV-MA-AS313-04
	Acide tartrique (g/L)	OIV-MA-AS313-04
	Acide malique (g/L)	OIV-MA-AS313-04
Autres paramètres de base	Azote assimilable (YAN) (mg/L)	Méthode Sørensen
	Potassium (ppm)	OIV-MA-AS322-02A
Données physiologiques	Poids des baies (g/baie)	-
	Rendement en moût (mL/g homogénat)	-
	% poids/poids marc	- ²
	Ratio marc/jus (g/L)	- ²
	% poids/poids eau	Étuve, 65°C, 5-8 heures ³
Maturité phénolique	Composés phénoliques totaux (mg/L)	Méthode Folin-Ciocalteu sur microplaque ³
	Esters hydroxycinnamiques totaux (mg/L)	Spectrophotométrie UV-Visible (Girard <i>et al.</i> , 2002) ⁴
	Flavonoïdes totaux (mg/L)	Spectrophotométrie UV-Visible (Girard <i>et al.</i> , 2002) ⁴
	Anthocyanes monomériques totales (mg/L)	Blanchiment au bisulfite de sodium (Ribéreau-Gayon & Stonestreet, 1965) ⁴
	Anthocyanes polymériques totales (mg/L)	Blanchiment au bisulfite de sodium (Ribéreau-Gayon & Stonestreet, 1965) ⁴
Maturité aromatique	Profil aromatique complet (40 composés)	GC-MS-SPME ⁴

¹ Ces analyses ont été conduites en laboratoire privé.² Valeur calculée.³ Méthode adaptée de Singleton & Rossi (1965) par Pascal Dubé, chimiste (Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, Université Laval).⁴ Méthode développée et/ou modifiée par Karine Pedneault.

III. Résultats et discussion

a. Analyses sensorielles descriptives

Les données d'analyses sensorielles prélevées au cours de la saison 2011 étaient avant tout exploratoires puisqu'aucun panel de dégustation n'avait été prévu dans le projet². Dans le cas présent, les analyses sensorielles étaient menées par trois personnes, qui notaient ensemble (en discutant), sur une échelle de 1 à 4, les descripteurs listés au Tableau 3. Le but était de faire une première approche de la méthode d'analyse de Rousseau et Delteil (2000), afin d'évaluer son potentiel avec les cépages rustiques. Bien qu'aucune conclusion ne puisse être tirée à ce stade-ci quant à l'application de cette méthode aux cépages rustiques, certaines tendances sont ressorties et suggèrent qu'il pourrait s'agir d'un outil efficace pour les producteurs, dans la détermination du degré de maturité de leur raisin et le choix de vendanger.

Tableau 3. Liste des descripteurs inclus dans la méthode d'analyse sensorielle du raisin de Rousseau et Delteil (2001) utilisée au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.

Analyse	Descripteurs	
Examen visuel et tactile	1	Aptitude à l'écrasement
	2	Aptitude à l'égrenage (facilité à détacher le raisin du pédicelle)
	3	Couleur des baies
Dégustation de la pulpe	4	Adhérence de la pulpe à la pellicule
	5	Sucré de la pulpe
	6	Acidité de la pulpe
	7	Arômes de la pulpe
	8	Intensité des arômes dominants
Dégustation de la pellicule	9	Aptitude à la dilacération de la pellicule (broyat obtenu après avoir mastiqué les pellicules 10-15 fois entre les molaires)
	10	Intensité tannique de la pellicule
	11	Acidité de la pellicule
	12	Astringence de la pellicule
	13	Sécheresse des tannins
	14	Arômes de la pellicule
	15	Intensité des arômes dominants de la pellicule
Examen visuel et gustatif des pépins	16	Couleur des pépins
	17	Aptitude à l'écrasement des pépins
	18	Arômes des pépins
	19	Intensité tannique des pépins
	20	Astringence des pépins

² L'implication d'un panel de dégustation suffisamment large est primordiale pour pouvoir tirer des conclusions dans ce type d'analyse, car elle fait intervenir l'être humain, qui est par nature, très variable.

Une douzaine de descripteurs, sur les vingt que comprend la méthode, ont montré une évolution généralement linéaire au cours de la maturité (c'est-à-dire qu'ils sont passés du « niveau 1 = non mature » au « niveau 3 ou 4 = plutôt mature »), alors que d'autres descripteurs n'ont peu ou pas changés, selon les cépages. Les descripteurs touchant la maturité texturale tels que l'aptitude des baies à l'écrasement, l'aptitude à l'égrenage et l'aptitude de la pellicule à la dilacération ont généralement bien fonctionnés chez les cépages à l'étude (Tableau 4). Au contraire, les descripteurs touchant la maturité phénolique, en particulier l'accumulation des tanins, que ce soit dans les pellicules ou dans les pépins, ont donné des résultats peu concluants. Cette observation, qui reste à confirmer, pourrait être attribuable à la faible teneur en tanins qu'on attribue généralement aux cépages rustiques – affirmation par ailleurs peu documentée dans la littérature scientifique. De façon générale, le cépage Marquette semble avoir un peu mieux répondu aux descripteurs portant sur les tanins, ce qui pourrait suggérer une plus grande teneur en tanins chez ce cépage comparativement à Frontenac, Radisson et Sabrevois. La nature (structure chimique et contribution sensorielle) de ces tanins n'est toutefois pas connue actuellement.

Tableau 4. Descripteurs ayant suivi une évolution relativement linéaire au cours du suivi de la maturité des cépages Frontenac (F), Marquette (M), Radisson (R) et Sabrevois (S) pendant la véraison 2011, dans les régions de Québec et de la Montérégie.

Baie ou partie de la baie	Maturité			
	Texturale	Technologique	Phénolique	Aromatique
Baie entière	Aptitude à l'écrasement (F, R)	-	Couleur des baies (F, M, R, S)	-
	Aptitude à l'égrenage (F, M, R, S)	-	-	-
Pulpe	-	Sucré (F, M, R)	-	Caractère des arômes (F, M, R, S)
	-	Acidité (M)	-	-
Pellicule	Dilacération des pellicules (F, R)	Acidité (F, R)	-	Caractère des arômes (M, R)
Pépins	Aptitude à l'écrasement (F)	-	Couleur des pépins (F, M, R, S)	Caractère des arômes (M, F)

Chez tous les cépages l'évolution de la couleur des baies, qui correspond à l'accumulation des composés colorés (anthocyanes), a évidemment montré une courbe linéaire, ce qui a également été le cas pour la couleur des pépins, qui ont pour la plupart pris une coloration brun-rougeâtre plus ou moins prononcée à l'approche de la récolte. Les pépins de Marquette étaient particulièrement rouges à l'approche de la maturité.

Les paramètres de maturité technologiques (sucre et acidité de la pulpe ; acidité de la pellicule) ont bien été perçus lors des analyses sensorielles. Marquette, Frontenac et Radisson ont donné des résultats linéaires quant à la perception du sucre de la pulpe mais la perception de l'acidité de la pulpe a été davantage linéaire chez Marquette que chez les autres cépages. Enfin, les pellicules étaient généralement peu acides chez les cépages à l'étude.

La perception des arômes a suivi un schéma assez classique puisque les arômes sont passés d'un caractère herbacé en début de véraison à des notes fruitées à l'approche de la maturité. Frontenac et Marquette ont montré des notes de fruit noir (mûre, bleuets) en fin de saison, tandis que Radisson est davantage resté dans le fruit rouge (cerise). Sabrevois a présenté des arômes très caractéristiques de fumée et de cuir tout au cours de la saison (arômes généralement obtenus par l'élevage en fût de chêne) et des notes de pruneau ont été notées à l'approche de la maturité.

À l'exception des arômes de fumée et de cuir du Sabrevois, qui étaient strictement détectables dans la pellicule, chez tous les cépages, les arômes étaient concentrés dans la pulpe.

b. Physiologie

Pour tous les cépages à l'étude, dans la région de Québec et en Montérégie, le poids moyen des baies a augmenté de façon relativement linéaire pendant le mûrissement : il a significativement augmenté au cours des premiers stades de la véraison pour ensuite se stabiliser jusqu'à la récolte, où un léger flétrissement des baies, constaté chez la plupart des cépages, a causé une diminution du poids des baies (Figures 1 et 2). La teneur en eau a suivi une évolution inverse : elle était généralement plus élevée au début de la véraison, autour de 74 à 78%, pour terminer entre 65 et 70% à la récolte commerciale. Selon les cépages, peu ou aucune différences significatives ont été notées entre les rendements en moût au cours de la maturité. À titre indicatif, les rendements obtenus lors de la récolte commerciale sont montrés au Tableau 5.

Tableau 5. Rendement en moût (L/kg raisin), lors de la récolte commerciale 2011, pour les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, cultivés dans la région de Québec et des cépages Frontenac et Marquette, cultivés en Montérégie.

Région	Cépage	Rendement en moût (L/kg raisin)
Québec	Frontenac	0.71 ¹
	Marquette	0.66
	Radisson	0.67
	Sabrevois	0.66
Montérégie	Frontenac	0.74
	Marquette	0.64

¹ Les rendements obtenus sont élevés entre autres parce que le moût était recueilli à partir d'un homogénat de raisin, par centrifugation, plutôt qu'avec un broyeur industriel. Des rendements plus faibles sont généralement enregistrés (Dubé & Turcotte, 2011).

En général, le poids des baies de Marquette et de Frontenac est resté semblable entre les échantillons récoltés dans Québec et en Montérégie. Radisson et Sabrevois ont donné des baies beaucoup plus grosses, autour de 2.1 à 2.3 g/baie, comparativement à 1 à 1.3 g/baie pour Marquette et Frontenac. Dans le cas de Sabrevois, les résultats sont semblables à ce qui a été observé au Minnesota pour un rendement similaire (5.15 kg par vigne au Québec, comparativement à 5.37 kg/vigne au Minnesota) (Luby *et al.*, 2010). Au contraire, pour Frontenac et Marquette, le poids moyen des baies à la récolte était légèrement inférieur à ce qui a été observé au Minnesota pour ces cépages (1.34 g/baie et 1.53 g/baie, respectivement), avec des rendements plus élevés (6.28 et 4.87 kg/vigne, respectivement – voir le tableau 1 pour les chiffres de la présente étude) (Luby *et al.*, 2010). De même, Frontenac a produit des baies légèrement plus petites que celles du vignoble expérimental du Centre de recherche en agroalimentaire de Mirabel (CRAM), lors de sa première année de production (Provost & Campagnaro, 2011). Marquette a donné des baies de grosseur similaire à celles récoltées au vignoble expérimental du CRAM, tandis que Radisson a donné des baies beaucoup plus grosses : 2.32 g/baie dans la région de Québec, comparativement à 1.85 g/baie au vignoble expérimental du CRAM (Provost & Campagnaro, 2011).

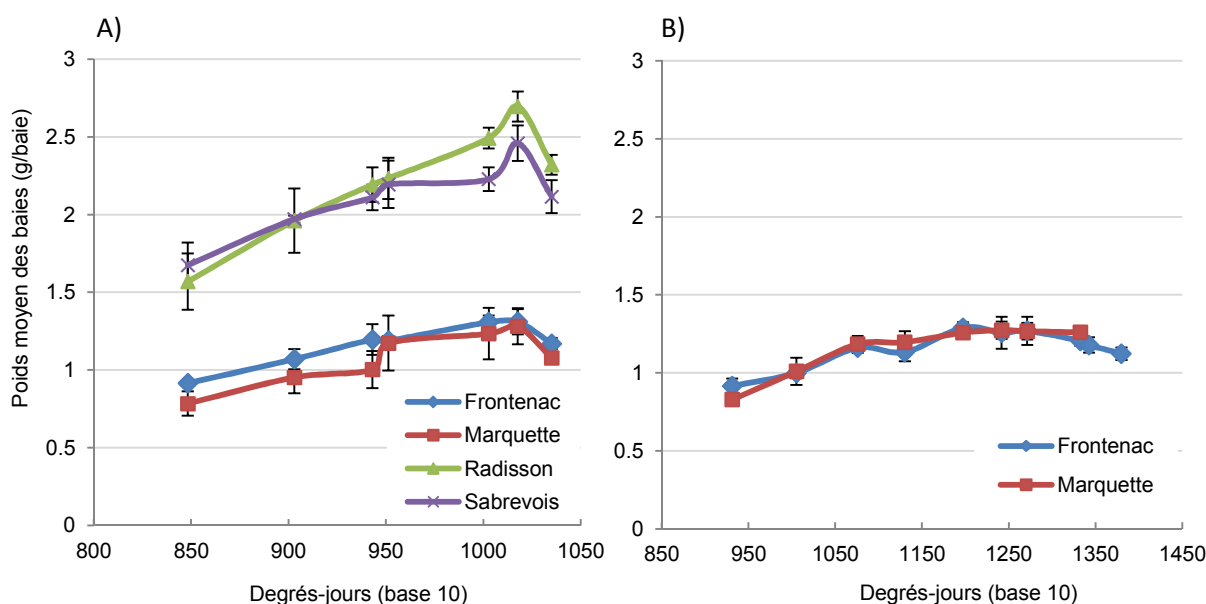


Figure 1 : Évolution du poids moyen des baies (g/baie) au cours du mûrissement, pendant la véraison 2011, des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette, en Montérégie (B).

c. Maturité technologique

Les paramètres comme l'accumulation des sucres ($^{\circ}$ Brix) et l'acidité totale (g d'équivalent d'acide tartrique/L) sont traditionnellement regroupés sous le nom de « Maturité technologique ». Ces paramètres permettent de calculer l'indice de maturité technologique (IMT), qui correspond au ratio de la teneur en sucres ($^{\circ}$ Brix) sur l'acidité totale (g équ. ac. tartrique/L).

En général, l'accumulation des sucres a été plutôt rapide au début de la saison, pour ensuite changer beaucoup plus lentement, surtout à l'approche du mois d'octobre (Tableaux 6 et 7). Étonnamment, aucune différence significative n'a été observée entre les dernières semaines d'échantillonnage, ce qui est dû au fait que les écarts-types étaient assez grands entre les échantillons, allant jusqu'à 1.9°Brix dans certain cas. Cette variabilité illustre bien l'importance pour le producteur d'effectuer un échantillonnage des vignes suffisamment large lors de la mesure du degré Brix et de l'acidité totale en vue de la récolte. Il demeure néanmoins que l'accumulation des solides solubles totaux est plus rapide dans les premiers stades du mûrissement et ralentit à l'approche de la maturité (Mazza *et al.*, 1999), ce qui est possiblement encore plus marqué lorsque des conditions climatiques fraîches comme celles du Québec ralentissent le métabolisme des baies à l'approche de l'automne. Les données du Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel sur la maturité technologique de Frontenac, Louise Swenson, Marquette, St. Croix suivent également cette tendance (Provost & Campagnaro, 2011b).

La diminution de l'acidité totale, l'augmentation de l'indice de maturité technologique (IMT) et l'augmentation du pH ont évolués d'une manière similaire aux sucres, montrant généralement peu de variation à l'approche des derniers stades de maturité des baies. Bien que son usage soit limité au Québec, l'IMT a permis une évaluation de la qualité du raisin assez près de la réalité. À la base, l'IMT permet d'évaluer la balance entre l'accumulation des sucres et l'acidité totale résiduelle dans le raisin, pendant le mûrissement. Il peut varier considérablement selon les conditions de culture et le cépage, allant de 1.7 dans les régions plus froides à plus de 6 dans les régions plus chaudes ; le cas échéant, il est souvent associé à un pH relativement élevé, et le moût nécessite une acidification (Esteban *et al.*, 1999 ; Mazza *et al.*, 1999 ; Fournand *et al.*, 2008 ; Fenoll *et al.*, 2009 ; Gil-Munoz *et al.*, 2011). De façon générale, dans les régions fraîches, l'IMT se maintient aux environ de 2 à 2.5 (Mazza *et al.*, 1999).³

Dans le cadre de ce projet, la maturité technologique a été considérablement variable selon le cépage et la région. Ainsi, dans la région de Québec, Frontenac n'a pas obtenu un niveau de maturité optimal ; les sucres sont demeurés assez bas (16.9°Brix), l'acidité est demeurée élevée (19.2 g équ. ac. tartrique/L), pour un IMT de 0.89, associé à un pH plutôt bas (3.14) (Tableau 6). Il est probable que le nombre de degrés-jours atteints en 2011 soit resté insuffisant pour bien mûrir ce cépage. Bien que le rendement obtenu (11.3 T/ha, Tableau 1) soit représentatif pour Frontenac dans les régions comme la Montérégie, les résultats obtenus dans le cadre de ce projet laissent croire qu'une réduction de la charge serait souhaitable pour améliorer la maturation de ce cépage dans une région comme Québec, qui compte généralement autour de 200 degrés-jour de moins que la Montérégie. Il est également notoire que le gel survenu les 6 et 7 octobre n'a pas aidé. Dans les mêmes conditions, Marquette et Radisson ont fourni des performances acceptables, atteignant un IMT de 1.3 et 1.7, respectivement, avec un pH relativement acceptable (3.32 et 3.51). L'acidité totale de Marquette (14.5 g équ. ac. tartrique/L) est toute même demeurée un peu plus élevée que les données disponibles, qui situent ce cépage davantage autour de 8 à 13 g équ. ac. tartrique/L à maturité (Luby *et al.*, 2010 ; Provost & Campagnaro, 2011 ; Provost & Campagnaro, 2011b). Ce cépage, qui est

³ L'indice de maturité technologique peut parfois mener à des interprétations trompeuses si l'on ne porte pas attention aux unités utilisés : de fait, malgré les réglementations ayant cours, les chercheurs européens, en particulier les Français continuent de noter l'acidité totale en g d'équivalents d'acide *sulfurique*/L plutôt qu'en g d'équivalents d'acide *tartrique*/L (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006) ; conséquemment, la valeur calculée de l'indice de maturité technologique se retrouve considérablement modifiés. D'autres unités sont également utilisées pour les sucres (exprimés en g/L) et l'acidité totale (aussi exprimée en méqu/L) ; de telles variabilités expliquent les indices de maturité parfois très élevés constatés chez certains cépages *V. vinifera*. Des constantes de conversion entre les différentes unités sont disponibles pour standardiser les données avant de les comparer (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

particulièrement hâtif, présente néanmoins un très bon potentiel pour la région de Québec. Radisson est également intéressant car son acidité est assez basse à maturité (8.8 g équ. ac. tartrique/L), mais il n'atteint pas une teneur très élevée en sucres (14.4°Brix).

Dans cette étude, Sabrevois a atteint un IMT de 1.0, avec un pH de 3.36. À titre de comparaison, l'IMT obtenu par Luby et coll. (2010) au Minnesota était de 1.5 pour ce cépage. Tout comme Radisson, ce cépage présente une lacune au niveau de l'accumulation des sucres, allié à une acidité assez élevée.

Tableau 6 : Maturité technologique : sucres (°Brix), acidité totale (g/L équ. ac. tartrique), indice de maturité technologique (IMT, ratio sucres/acidité totale) et pH de Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec.

Cépage	Paramètre	Degrés-jours						
		848.3	903	943.1	951.3	1002.8	1017.7	1035.1
		Date d'échantillonnage (jour/mois)						
		30/08	06/09	13/09	20/09	27/09	04/10	11/10
Frontenac	Sucres (°Brix)	6.30 a	9.42 b	12.4 c	14.3 cd	15.5 de	14.8 de	16.9 e
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	30.3 a	29.4 a	26.2 b	23.4 c	20.2 d	20.4 d	19.2 d
	IMT	0.21 a	0.32 b	0.48 c	0.61 cd	0.78 de	0.73 de	0.89 e
	pH	2.79	2.95	2.88	3.07	3.02	3.03	3.14
Marquette	Sucres (°Brix)	7.57 a	11.2 b	13.3 b	15.7 c	16.6 c	17.5 cd	19.2 d
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	29.3 a	25.0 b	20.0 c	18.9 c	15.8 d	14.5 d	14.5 d
	IMT	0.26 a	0.45 b	0.67 c	0.83 c	1.05 d	1.22 de	1.33 e
	pH	2.74	3.02	2.96	3.08	3.08	3.23	3.32
Radisson	Sucres (°Brix)	5.63 a	8.95 b	9.69 bc	10.9 bc	11.9 c	14.1 d	14.4 d
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	29.3 a	26.6 b	19.6 c	15.8 d	10.9 e	9.11 e	8.79 e
	IMT	0.19 a	0.34 b	0.50 c	0.70 d	1.09 e	1.55 f	1.65 f
	pH	2.79	2.95	2.98	3.19	3.24	3.47	3.51
Sabrevois	Sucres (°Brix)	6.10 a	9.23 b	9.30 b	11.0 bc	11.2 bc	12.6 cd	14.2 d
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	33.1 a	27.5 b	23.9 c	20.2 d	17.2 e	15.0 ef	14.1 f
	IMT	0.18 a	0.34 b	0.39 b	0.55 c	0.66 cd	0.84 de	1.01 e
	pH	2.79	2.95	2.96	3.14	3.16	3.30	3.36

¹ Les moyennes suivies de lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes les unes des autres à $P \leq 0.01$.

En Montérégie, Frontenac et Marquette ont bien performé, atteignant des IMT de 1.6 et 2.8, respectivement (Tableau 7). L'accumulation des sucres, la diminution de l'acidité et l'augmentation

du pH de Frontenac ont atteint des niveaux généralement dans les mêmes intervalles que les données disponibles pour ce cépage, au Québec : autour de 24-26°Brix, 12-13 g équ. ac. tartrique/L et un pH de 3.1 à 3.25 (Provost & Campagnaro, 2011b). Les données disponibles au Minnesota montrent que ce cépage atteint une teneur en sucres assez élevée (autour de 26-27°Brix), mais que l'acidité demeure assez élevée (15.2 g/L) et le pH passablement bas (2.98) (Luby *et al.*, 2010). Il est probable que de tels chiffres soient dus au fait que la charge n'est habituellement pas ou peu contrôlée dans cette région, pour ce cépage (Zerouala & Campagnaro, 2011). Du côté de Marquette, une maturité adéquate a été obtenue (24.5°Brix, 8.69 g équ. ac. tartrique/L, pH de 3.50). Ces données correspondent aux données connues pour ce cépage, situant notamment la teneur en sucre entre 23 et 26°Brix, l'acidité totale entre 8.6 et 13 g équ. ac. tartrique/L et le pH entre 3 et 3.4 à maturité (Luby *et al.*, 2010 ; Provost & Campagnaro, 2011 ; Provost & Campagnaro, 2011b). Encore une fois, les données en provenance du Minnesota font état d'acidités totales généralement plus élevées et de pH plus acides que les données québécoises pour ce cépage (Luby *et al.*, 2010 ; Provost & Campagnaro, 2011b).

Malgré la performance a priori supérieure de Frontenac en territoire québécois par rapport aux données existantes sur le Minnesota, ce cépage demeure fortement acide, son IMT se situant en moyenne autour de 1.7 à 1.9. Pour Marquette, des IMT allant de 1.8 à 2.9 semblent davantage représentatifs, l'intervalle inférieur représentant surtout les données obtenus au Minnesota, dont les moûts semblent généralement plus acides pour cette variété également (Luby *et al.*, 2010 ; Provost & Campagnaro, 2011). Davantage de données sont nécessaires pour déterminer les indices de maturités technologiques optimaux pour ces cépages au Québec, afin d'orienter les vignerons québécois dans leur pratique viticole.

Tableau 7 : Maturité technologique : solides solubles totaux (°Brix), acidité totale (g/L équ. ac. tartrique) et indice de maturité technologique (IMT, ratio solides solubles totaux/acidité totale) de Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie.

Cépage	Paramètre	Degrés-jours									
		931.2	1005.3	1075.8	1130.2	1197.3	1241.8	1271.3	1332.6	1342.6	1379.9
		Date d'échantillonnage (jour/mois)									
		11/08	18/08	25/08	01/09	08/09	15/09	22/09	29/09	06/10	13/10
Frontenac	Sucres (°Brix)	7.93 a ¹	10.6 b	14.0 c	14.3 c	17.1 d	18.0 de	19.5 ef	18.9 de	20.5 f	21.5 f
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	29.7 a	26.0 b	21.0 c	19.8 c	16.6 d	15.7 de	14.5 ef	14.6 ef	13.7 f	13.6 f
	IMT	0.31 a	0.41 a	0.67 b	0.72 b	1.04 c	1.15 c	1.35 cd	1.30 cd	1.49 de	1.59 e
	pH	2.93	3.02	3.12	3.05	3.23	3.31	3.37	3.36	3.31	3.31
Marquette	Sucres (°Brix)	8.83 a	14.3 b	22.5 de	17.5 c	18.5 c	22.1 d	24.4 e	24.5 e	-	-
	Acidité totale (g équ. ac. tartrique/L)	21.2 a	18.9 a	14.7 b	12.1 c	10.4 d	9.32 de	9.41 de	8.69 e	-	-
	IMT	0.42 a	0.76 b	2.16 e	1.19 c	1.54 d	2.37 ef	2.60 fg	2.82 g	-	-
	pH	2.96 a	3.07 ab	3.25 c	3.25 c	3.24 bc	3.40 cd	3.49 d	3.50 d		

¹ Les moyennes suivies de lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes les unes des autres à $P \leq 0.01$.

d. Maturité phénolique

L'approche privilégiée au départ pour le suivi de la maturité phénolique était la méthode de Glories (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006b). Cette méthode permet d'évaluer l'extractabilité des composés colorés (anthocyanes), qui est proportionnelle au degré de maturité de la pellicule du raisin chez les cépages issus de *V. vinifera*. Malheureusement, cette méthode a dû être abandonnée car les résultats obtenus avec les cépages hybrides Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois présentaient une variabilité importante et n'avaient pas beaucoup de sens. Outre les résultats obtenus, plusieurs observations portent à croire que cette méthode, qui permet de mesurer le taux d'extraction des anthocyanes et le pourcentage de maturité des pépins, n'est pas applicable aux cépages hybrides, du moins dans sa forme actuelle⁴, principalement parce que certaines constantes, utilisées lors des calculs, proviennent de moyennes qu'on a fait de données connues sur les cépages *V. vinifera* et ne peuvent donc pas être directement applicables aux cépages hybrides. Par la suite, d'autres méthodes décrites au tableau 2, ont été adoptées pour l'évaluation de ces composés phénoliques directement sur le moût.

Pour tous les cépages à l'étude, la teneur en composés phénoliques totaux a été variable au cours de la véraison et peu de différences significatives ont été observées entre le début de la véraison et le dernier échantillonnage (Figures 3A et B). De telles données ne signifient pas pour autant que les composés phénoliques n'ont pas évolué au cours du mûrissement. En effet, lorsqu'on décortique les composés phénoliques totaux en différents sous-groupes tels que les esters hydroxycinnamiques (mesurés en équ. acide caféique), les flavonols (mesurés en équ. quercétine) et les anthocyanes (mesurés en équ. de malvidine-3-glucoside), on constate qu'à l'exception des anthocyanes, ces sous-groupes de composés phénoliques ont généralement augmentés de façon constante au cours de la véraison (Figure 4A et B ; les données pour les esters hydroxycinnamiques et les flavonols ne sont pas présentées).

Du côté des anthocyanes, une grande variabilité entre les résultats, possiblement due à de fortes différences dans l'accumulation de ces composés chez les plants échantillonnés, a été constatée, d'où les écart-types importants présentés à la figure 4. Une différence a aussi été notée entre les échantillons prélevés dans la région de Québec, où l'accumulation a été généralement progressive, et la Montérégie, où un pic d'accumulation a été observé vers la mi-septembre (1130 degrés-jours), pour Frontenac et Marquette. Un tel profil est semblable à ce qui est retrouvé chez les cépages *V. vinifera*, où le taux maximal d'anthocyanes est généralement atteint un peu avant la maturité (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006), sauf que dans le cas de Frontenac et Marquette, ce pic a été observé longtemps avant l'arrivée à maturité (le 1^{er} septembre). En outre, la raison pour laquelle Frontenac et Marquette ont eu ce pic d'accumulation en même temps, malgré le fait que ces cépages n'arrivent pas en même temps à maturité, demeure inconnue ; la possibilité d'une erreur expérimentale a été considérée mais comme les autres sous-groupes de composés phénoliques n'ont pas suivi ce schéma, une telle hypothèse a été écartée. Des analyses supplémentaires sont nécessaire afin d'évaluer l'évolution des anthocyanes chez les cépages rustiques.

⁴ Il faut mentionner que la méthode de Glories est surtout utilisée dans les pays européens comme la France, l'Espagne et l'Italie, et très peu connue dans les pays du Nouveau Monde où son usage est peu répandu non seulement dans la pratique en industrie vinicole, mais aussi dans la littérature scientifique.

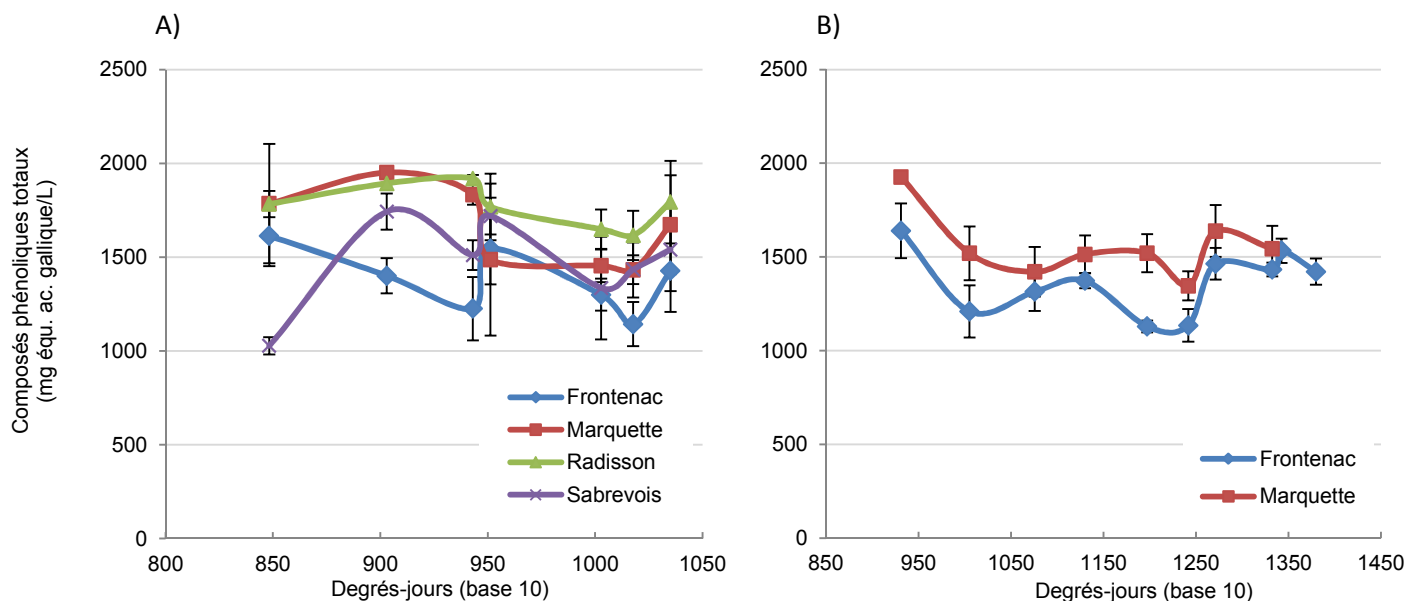


Figure 3 : Teneur en composés phénoliques totaux (mg équ. ac. gallique/L) au cours du mûrissement pendant la véraison 2011 des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette en Montérégie (B).

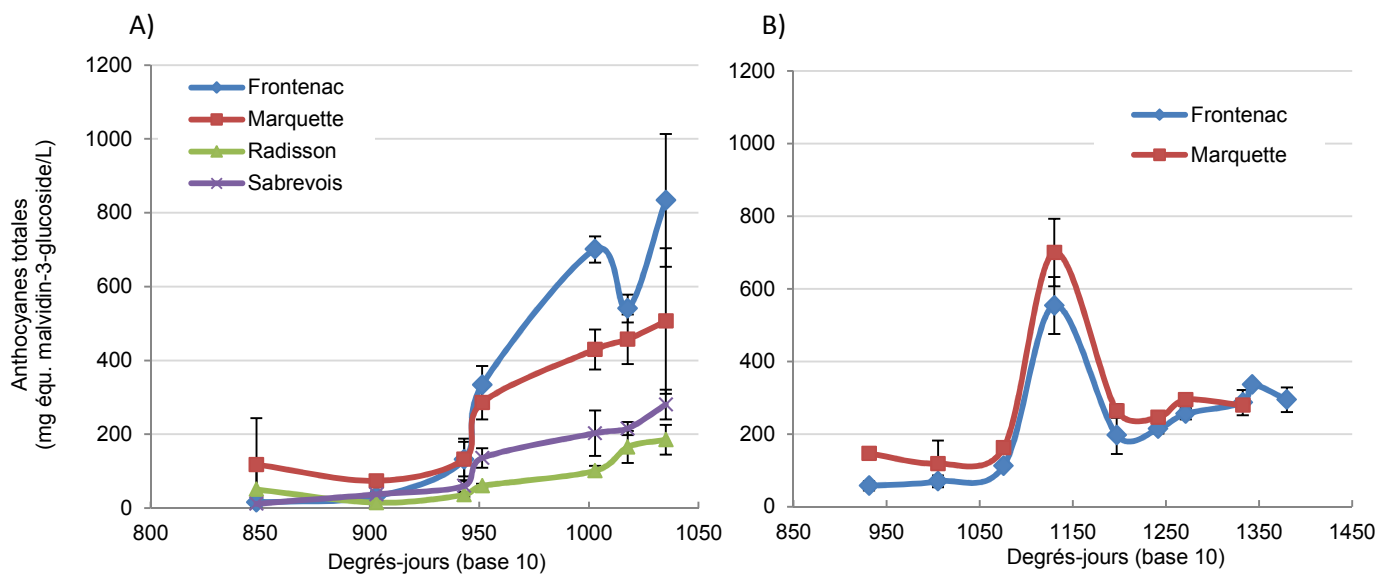


Figure 4 : Teneur en anthocyanes totales (mg équ. malvidine-3-glucoside/L) pendant la véraison 2011, des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, dans la région de Québec (A) et des cépages Frontenac et Marquette en Montérégie (B).

Lors de la récolte commerciale, le moût des cépages à l'étude a montré de fortes teneurs en composés phénoliques totaux (Tableau 8), largement supérieures à ce qui a été trouvé chez des variétés de *V. vinifera* cultivés en Colombie-Britannique comme le Cabernet franc, le Merlot et le Pinot noir (160-325 ; 130-195 ; 150-210 mg équ. ac. gallique/L, respectivement), ou chez des cépages hybrides cultivés en Nouvelle-Écosse comme Lucy Kuhlman, Leon Millot, Baco noir et Maréchal Foch (9,7 ; 4,5 ; 1,4 et 2,7 mg équ. ac. gallique/L, respectivement) (Mazza *et al.*, 1999 ; Ratnasooriya *et al.*, 2010).

Parmi les sous-groupes de composés phénoliques qui contribuent à cette teneur élevée en composés phénoliques totaux, on retrouve les esters hydroxycinnamiques, dont la teneur oscille entre 270 et 500 mg équ. ac. caféique/L alors que dans le moût de cépages *V. vinifera* cultivés en Colombie-Britannique elle se situe entre 40 et 200 mg équ. ac. caféique/L (Mazza *et al.*, 1999). Ces chiffres élevés pourraient toutefois être en partie expliqués par la présence de composés phénoliques de la famille du resvératrol, qui absorbent dans la même région du spectre électromagnétique que les esters hydroxycinnamiques (Harbertson & Spayd, 2006). Le resvératrol, et les composés de la même famille, présentent de nombreux effets bénéfiques pour la santé et sont généralement plus concentrés dans les raisins cultivés en climat froid comparativement à ceux provenant de régions vitivinicoles plus chaudes (Naugler *et al.*, 2007 ; Jackson, 2008).

Tableau 8 : Teneur en composés phénoliques totaux, en esters hydroxycinnamiques, en flavonols et en anthocyanes totales chez les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec, et les cépages Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie, lors de la récolte commerciale de 2011.

Région	Cépage	Date de récolte commerciale	Degrés-jours accumulés (base 10)	Composés phénoliques totaux (mg équ. ac. gallique/L)	Esters hydroxycinnamiques (mg équ. ac. caféique/L)	Flavonols (mg équ. quercétine/L)	Anthocyanes totales (mg équ. malvidine-3-glucoside/L)
Québec	Frontenac	11 octobre	1035.1	1427 ± 218	303 ± 23	281 ± 26	834 ± 180
	Marquette	11 octobre	1035.1	1673 ± 263	360 ± 58	243 ± 36	507 ± 197
	Radisson	11 octobre	1035.1	1793 ± 220	270 ± 33	190 ± 26	185 ± 40
	Sabrevois	11 octobre	1035.1	1540 ± 221	518 ± 17	270 ± 16	280 ± 40
Montérégie	Frontenac	13 octobre	1379.9	1422 ± 70	445 ± 60	323 ± 59	295 ± 34
	Marquette	4 octobre ¹	1332.6	1544 ± 122	492 ± 6	317 ± 8	279 ± 14

¹ Pour ce cépage, les données présentées correspondent au dernier échantillonnage effectué en date du 29 septembre ; la récolte commerciale a été retardée par le vigneron et lorsqu'elle a été effectuée, le 4 octobre, il n'a pas été possible d'obtenir des échantillons car la vendange était fortement contaminée par une infection fongique (*Botrytis sp.*).

À la récolte commerciale, des teneurs assez importantes en flavonols, comprises entre 190 et 325 mg équ. quercétine/L, ont été observées dans les moûts. Ces chiffres sont nettement au-dessus des données disponibles pour les cépages *V. vinifera* cultivés en Colombie-Britannique, dont la teneur en flavonols va de 30 à 100 mg équ. quercétine/L (Mazza *et al.*, 1999).

Enfin, les cépages à l'étude ont montré une teneur en anthocyanes totales allant de 185 à 835 mg équ. malvidine-3-glucoside/L, les plus faibles concentrations étant retrouvées chez Radisson et Sabrevois, ce qui correspond à un intervalle de concentration moins large que les cépages Lucie Kuhlmann, Léon Millot, Baco noir et Maréchal Foch cultivés en Nouvelle-Écosse, pour lesquels des teneurs comprises entre 190 et 620 mg équ. malvidine-3-glucoside/L ont été mesurées (Ratnasooriya *et al.*, 2010). Ces chiffres sont aussi supérieurs à ceux mesurés sur les moûts de Cabernet franc, Merlot et Pinot noir cultivés en Colombie-Britannique, qui sont autour de 10 à 80 mg équ. malvidine-3-glucoside/L (Mazza *et al.*, 1999). De telles données suggèrent qu'il y a davantage de variabilité quant à la concentration en anthocyanes chez les cépages hybrides que chez les cépages *V. vinifera*.

e. Maturité aromatique

L'extraction des arômes a été effectuée par microextraction sur phase solide, suivi d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse, couplé à un spectromètre de masse (GC-MS-SPME). Cette technique, qui permet d'adsorber les arômes sur une fibre spécialement conçue à cet effet, est l'une des plus utilisées en chimie du vin pour son côté pratique (élimine entre autres les extractions avec des solvants organiques peu écologiques et accélère du même coup la préparation des échantillons), allié à une sensibilité très supérieure à celle des autres techniques du même genre. Dans le cadre de ce projet, une quarantaine de composés ont été analysés, incluant deux méthoxypyrazines⁵ d'importance en maturité (Tableau 9). Ces composés ont été choisis suite à une revue de littérature approfondie des composés ayant un impact sur l'arôme des raisins de cépages *V. vinifera*, faute de références sur les arômes des raisins de cépages hybrides (Fan *et al.*, 2010 ; Kotseridis & Baume, 2000 ; Salinas *et al.*, 2004 ; Canuti *et al.*, 2009 ; Baek *et al.*, 1997 ; Liu & Caldwell, 2010 ; Fenoll *et al.*, 2009). Néanmoins, certains composés retrouvés dans les cépages à l'étude, comme le salicylate de méthyle (arôme de thé des bois) et le hotrienol (un terpène floral à l'arôme de jasmin), devront être éventuellement quantifiés afin de déterminer si leur contribution à l'arôme du moût et, éventuellement, du vin est importante ou négligeable.

⁵ Les méthoxypyrazines ont un arôme de poivron vert et contribuent aux notes terreuses qu'on trouve dans certains vins présentant un léger manque de maturité (recherché dans certains cas...). Ces composés sont très importants dans l'arôme du vin car le nez humain les détecte à moins de 12 ppt (parties par trillion ; ng/L). Il en faut donc très peu pour modifier l'arôme d'un vin.

Tableau 9 : Composés analysés dans le moût de raisin, au cours de la maturité des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois.

Composé	Classification chimique	Classification sensorielle
Acide acétique	Acide	Négatif (vinaigre)
1-octèn-3-ol	Alcool	Négatif (champignon)
o-aminoacétophénone	Phénol volatil	Négatif (foxé)
2-méthoxy-3-isobutylpyrazine	Pyrazine	Négatif (poivron vert, foxé)
2-méthoxy-3-isopropylpyrazine	Pyrazine	Négatif (poivron vert, foxé)
Acide hexanoïque	Acide	Herbacé
(<i>E,Z</i>)-nona-2,6-dienal	Aldéhyde	Herbacé
(<i>E</i>)-2-Hexenal	C ₆	Herbacé
1-Hexanol	C ₆	Herbacé
(<i>Z</i>)-3-hexenol	C ₆	Herbacé
Hexanal	C ₆	Herbacé
β -damascenone	C ₁₃ -norisoprénoïde	Fruité, floral
β -ionone	C ₁₃ -norisoprénoïde	Fruité, floral
Alcool isoamylique	Alcool	Fruité
Décanal	Aldéhyde	Fruité
(<i>E</i>)-2-buténoate d'éthyle	Ester	Fruité
2-methylbutanoate d'éthyle	Ester	Fruité
2-methylpropanoate d'éthyle	Ester	Fruité
3-methylbutanoate d'éthyle	Ester	Fruité
Acétate d'éthyle	Ester	Fruité
Butanoate d'éthyle	Ester	Fruité
Hexanoate d'éthyle	Ester	Fruité
Octanoate d'éthyle	Ester	Fruité
Propanoate d'éthyle	Ester	Fruité
Acétate isoamylique	Ester	Fruité
2-phenylethanol	Phénol volatil	Floral
Phénylaldéhyde	Phénol volatil	Floral
Citral (2 isomères)	Terpène	Floral
Citronellol	Terpène	Floral
Géranol	Terpène	Floral
Limonène	Terpène	Floral
Linalool	Terpène	Floral
Nérol	Terpène	Floral
Oxyde de rose (2 isomères)	Terpène	Floral
Eugénol	Phénol volatil	Épices (clou de girofle)
Phénéthylacétate	Phénol volatil	Épices
p-vinylguaïacol	Phénol volatil	Épices
Furanéol	Furanes	Caramel, impliqué dans l'arôme de fraise de certains cépages hybrides

En général, les profils aromatiques des cépages étudiés dans le cadre de ce projet ont été très spécifiques à la variété. C'est-à-dire que les mêmes molécules étaient présentes chez un même cépage, peu importe le niveau de maturité ou le vignoble dont il provenait (dans le cas de Frontenac

et Marquette) ; par contre, les concentrations étaient changeantes. Frontenac et Marquette ont montrés des profils relativement semblables, incluant peu ou pas d'esters fruités (par exemple, le butyrate d'éthyle) et une forte concentration en β -damascenone, un composé intervenant dans les notes fruitées, laquelle était davantage concentrée chez Frontenac que chez Marquette à maturité. Toutefois, Marquette contenait en plus des terpènes floraux (linalool, géraniol, nérol, etc.), qui ont généralement augmentés avec la maturité, au contraire de Frontenac, où ces composés ont été retrouvés à l'état de traces seulement. Radisson et Sabrevois ont montré des profils aromatiques très ressemblants, avec une abondance de petits esters fruités et une teneur relativement élevée en *cis*-3-hexenol, un composé herbacé. Sabrevois a montré des particularités aromatiques très étonnantes : une teneur en eugénol (épicé, clou de girofle) atteignant plus de 40 ppb (parties par billion ; $\mu\text{g/L}$) à la récolte commerciale, ce qui est très au-delà de son seuil de détection olfactif de 6 ppb, et de ce qui a été retrouvés chez les autres cépages à l'étude (entre 0.14 et 6.31 ppb). De même, une concentration en 2-phényléthanol (arôme floral) atteignant plus de 12 000 ppb a été mesurée chez ce cépage, à la récolte commerciale. À titre de comparaison, le 2-phényléthanol atteignait une concentration entre 53 et 512 ppb chez les autres cépages à l'étude. Ce composé, dont le seuil de détection se situe autour de 17 ppb, augmente lors de la fermentation et a généralement un impact positif sur la qualité aromatique des vins (Baek *et al.*, 1997 ; Vilanova *et al.*, 2012).

Le tableau 10 résume les profils aromatiques et leur évolution au cours de la maturité chez les cépages à l'étude⁶. Chez les cépages *V. vinifera*, en particulier lorsqu'ils sont cultivés dans les régions chaudes, les composés herbacés (hexanal, (*E*)-2-hexenal, et autres composés de la famille des C_6) diminuent énormément au cours de la maturité⁷ (Canuti *et al.*, 2009). Cependant, leur concentration au début de la véraison est nettement plus élevée que ce qui a été trouvé dans les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois au cours de ce projet ; ces derniers ont montré une concentration très acceptable d'un point de vue œnologique, à la fin de la saison. Malgré le fait qu'ils soient décrits comme ayant des arômes « d'herbe fraîche » ou de « feuille », ces composés interviennent dans les arômes de fruits ; ils sont donc essentiels et il est normal d'en trouver en quantité assez élevée à maturité.

Étonnamment, pour une même variété, les schémas de variation des différents groupes d'arômes n'ont pas été les mêmes au cours de la saison, selon que le cépage était cultivé en Montérégie ou dans la région de Québec. Par exemple, les seuls groupes d'arômes ayant montré une augmentation au cours de la véraison de Marquette ont été les composés herbacés et les terpènes floraux en Montérégie, alors que dans la région de Québec, les composés herbacés, les C_{13} -norisoprénoïdes (surtout la β -damascenone) et les phénols volatils (principalement du 2-phényléthanol) ont augmentés pendant la véraison (Tableau 10).

⁶ Les statistiques sont en cours, c'est pourquoi aucune différence significative n'est mentionnée dans le texte.

⁷ À l'exception de l'hexanol, qui est connu pour augmenter au cours de la maturité, chez les *V. vinifera*.

Tableau 10 : Résumé de l'évolution des profils aromatiques au cours de la véraison, et concentration en composés herbacés, composés fruités, terpènes floraux, C₁₃-norisoprénoïdes et phénols volatils lors de la récolte commerciale des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec et des cépages Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie.

Région	Cépage		Composés herbacés (C ₆)	Composés fruités	Terpènes floraux	C ₁₃ -norisoprénoïdes	Phénols volatils
			Herbacées, fruitées	Fruitées	Florales, fruitées	Florales, fruités	Florales, épicés
Québec	Frontenac	Évolution en cours de maturité	Augmentation	-	-	Augmentation	Augmentation
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	4487 ± 1388	traces	traces	17 ± 4.6	71 ± 46
	Marquette	Évolution en cours de maturité	Augmentation	-	Variable	Augmentation	Augmentation
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	4671 ± 508	traces	15 ± 2.7	11 ± 7.6	368 ± 53
	Radisson	Évolution en cours de maturité	Variable	Augmentation	-	Augmentation	Augmentation
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	3543 ± 638	238 ± 45	traces	4.4 ± 0.8	512 ± 495
	Sabrevois	Évolution en cours de maturité	Variable	Variable	Diminution	Variable	Augmentation
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	2949 ± 420	1047 ± 176	2.3 ± 0.3	6.7 ± 0.2	12057 ± 5820
Montérégie	Frontenac	Évolution en cours de maturité	Variable	-	-	Augmentation	Augmentation
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	3440 ± 350	traces	traces	23 ± 5.8	60 ± 32
	Marquette	Évolution en cours de maturité	Augmentation	-	Augmentation	Variable	Variable
		Concentration - récolte commerciale (ppb)	7110 ± 1420	traces	31 ± 5.3	9.7 ± 0.9	333 ± 99

Au niveau de marqueurs potentiels pour la maturité des cépages à l'étude, quelques composés présentent un intérêt mais aucun n'a suivi une linéarité parfaite pour tous les cépages. De fait, le cis-3-hexenol a suivi une diminution linéaire jusqu'à maturité chez Marquette et Frontenac, tandis que le géraniol (terpène floral) a augmenté tout au long du mûrissement chez Marquette. Le 2-phényléthanol a augmenté de façon constante chez Marquette, Radisson et Sabrevois, mais seulement dans la région de Québec. D'autre part, l'eugénol a montré une progression constante chez Sabrevois, mais il faut voir à quel point l'augmentation de ce composé va de pair avec la maturité recherchée pour ce cépage, au niveau œnologique (voir section V).

L'isobutylméthoxypprazine (IBMP, voir la note en bas de page de la page 22) est habituellement un marqueur de maturité intéressant chez les cépages *V. vinifera*, où elle disparaît à l'approche de la

maturité. Ce composé, qui provient du raisin mais qui peut aussi être introduit dans le moût par la présence de coccinelles dans la vendange, a la particularité d'avoir un seuil de détection olfactif extrêmement bas dans l'eau (1-2 ppt) et dans le vin (10-16 ppt) (Sala *et al.*, 2002 ; Pickering *et al.*, 2007 ; Flamini *et al.*, 2010). Dans le cadre de ce projet, seuls Frontenac et Sabrevois ont montré la présence régulière d'IBMP au cours du mûrissement. Toutefois, à la récolte commerciale, ce composé n'était présent que dans quelques échantillons, et lorsqu'il l'était, la concentration oscillait entre 1 et 8 ppt, ce qui est sous le seuil de détection olfactif dans le vin. Fait intéressant, chez Marquette et Radisson, l'IBMP n'a pratiquement jamais atteint la limite inférieure de quantification de la méthode d'analyse, qui était de 0.4 ppt. Par ailleurs, d'autres composés dit « foxés », tels que l'aminocétophénone, l'anthranilate de méthyle et le vinylguaiacol, n'ont pas été trouvés dans les moûts analysés. Aussi, le furanéol, à qui l'on attribue ordinairement les arômes de fraises fortement prononcés retrouvés chez certains cépages hybrides (Rapp *et al.*, 1980) (aussi présent chez les cépages *V. vinifera*) n'a été trouvé que de façon sporadique chez les cépages à l'étude, à l'exception du Frontenac cultivé en Montérégie, où ce composé est apparu lors de la dernière semaine d'échantillonnage à une concentration d'environ 155 ppb. Dans la littérature, le furanéol a surtout été quantifié chez les cépages issus de *Vitis rotundifolia* (Muscadine), où il atteint des concentrations situées entre 9 600 et 15 000 ppb (Baek *et al.*, 1997 ; Liu & Cadwallar, 2010).

IV. Détermination de marqueurs de maturité pour les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois

La question des marqueurs de maturité a été abordée dans les différentes sections présentées auparavant. La question est importante car la décision de vendanger est liée de près à la qualité du vin qui découlera de cette vendange, d'où l'intérêt de déterminer avec le plus de précision possible, la date optimale de récolte.

Dans le cadre de ce projet, les paramètres analysés, qui portaient sur la maturité technologique, la maturité phénolique et la maturité aromatique, alliés à l'analyse sensorielle, ont permis d'évaluer avec précision le degré de maturité des cépages à l'étude. Pour Frontenac et Marquette, il est clair qu'une bonne maturité a été atteinte en Montérégie : l'indice de maturité était plutôt bien abouti pour chacune de ces variétés, la teneur en anthocyanes était supérieure aux données existantes sur les cépages *V. vinifera*, et le profil aromatique était bien en général : peu ou pas de méthoxy-pyrazines, une teneur normale en composés herbacés, une forte proportion de β -damascenone et, pour Marquette, la plus haute teneur en terpènes floraux parmi les cépages testés au cours de ce projet. À la limite, Frontenac aurait peut-être gagné à être récolté un peu avant, car on aurait évité l'arrivée du furanéol (arôme de fraise/caramel, voir p. 23-24), et la teneur en terpènes, bien que très faible, aurait été légèrement plus élevée. À ce stade-ci, il n'est toutefois pas possible de dire si cette différence est significative ou non.

Pour Marquette et Frontenac, l'indice de maturité technologique (sucres/acidité totale) semble un bon indicatif de la maturité, mais comme les valeurs semblent varier selon les cépages (voir section II.c), les données doivent continuer d'être accumulées afin d'établir des valeurs de référence pour les vigneron, à condition que l'évaluation de la maturité phénolique, de la maturité aromatique et l'analyse sensorielle du raisin soient aussi caractérisées dans les études futures car ces paramètres permettent d'évaluer la qualité du raisin selon des critères d'importance œnologique majeure.

Du côté de la maturité phénolique, des analyses plus poussées devront être effectuées afin de déterminer quels composés pourraient être des marqueurs intéressants pour le suivi de la maturité. En effet, les analyses ont montré que la teneur en composés phénoliques totaux informe peu sur la maturité, de même que les sous-groupes de composés phénoliques (esters hydroxycinnamiques, flavonols, anthocyanes), qui n'ont pas donné des résultats convaincants de ce côté⁸. Au niveau des arômes, la diminution du *cis*-3-hexenol, un arôme herbacé de la famille des C₆, pourrait être un marqueur intéressant de maturité car il a diminué de façon constante tout au long de la véraison. Chez Marquette, l'accumulation du géraniol, un terpène floral, semble aussi une avenue intéressante. Pour Marquette et Frontenac, la β -damascenone a également montré une accumulation au cours de la saison, pas tout à fait linéaire, mais tout de même suivant une pente ascendante.

Pour Radisson, l'indice de maturité technologique a donné un résultat intéressant, néanmoins, malgré sa faible acidité lors de la récolte, qui témoigne d'une certaine maturation, ce cépage semble présenter une déficience au niveau de l'accumulation des sucres. Il serait intéressant de voir si ce cépage peut accumuler davantage de sucres s'il était soumis à des conditions climatiques et culturelles différentes de celles ayant eu cours pendant ce projet. Au niveau de la maturité phénolique, ce cépage est connu pour sa faible teneur en composés colorés, ce que les résultats obtenus ont d'ailleurs confirmés ; l'accumulation des anthocyanes n'est donc pas un marqueur idéal. De même, la composition détaillée des autres groupes de composés phénoliques et leur impact œnologique doit être approfondi avant qu'un marqueur de maturité phénolique fiable soit adopté pour Radisson. Du côté des arômes, l'augmentation de quelques arômes-clé pendant la maturité, notamment le 2-phényléthanol, pourrait être un bon marqueur pour ce cépage. Pour le moment, davantage de données sont nécessaires pour évaluer quels seraient les marqueurs à privilégier pour ce cépage et surtout quel est le degré de maturité souhaité pour cette variété.

La maturité de Sabrevois est possiblement un sujet relativement controversé puisqu'il est d'usage de récolter ce cépage relativement tôt pour éviter l'arrivée d'arômes indésirables (Gaëlle Dubé, communication personnelle). Il est difficile, avec les données recueillies dans le cadre de ce projet, d'évaluer quelle serait la maturité optimale pour ce cépage. En effet, la maturité

⁸ L'indice de polyphénols totaux (IPT), une autre mesure couramment employée pour déterminer la teneur en composés phénoliques totaux, donne des résultats semblables à la méthode de Folin-Ciocalteu qui a été utilisée pour ce projet, à l'exception qu'elle est un peu moins précise et ne donne pas une quantification (mg équ. ac. gallique/L). Dans les deux cas, les résultats suggèrent que ces marqueurs sont faiblement corrélés avec la maturité et donc peu utiles au suivi.

technologique pose un problème d'emblée car il y a peu de sucres pour une acidité relativement élevée à la récolte commerciale. Au niveau des composés phénoliques, l'accumulation des esters hydroxycinnamique, des flavonols et des anthocyanes a été constante au cours de la saison, ce qui en ferait éventuellement de bons marqueurs de maturité phénolique. Cependant, un bon marqueur doit correspondre à un élément qu'on souhaite voir apparaître ou disparaître au cours de la maturité. Or, il n'est pas clair que les esters hydroxycinnamiques et les flavonols soient des composés désirables dans un contexte œnologique. Enfin, pour ce qui est des arômes, Sabrevois a montré une accumulation constante d'eugénol et de 2-phényléthanol. Ces deux composés sont généralement vus comme étant plutôt positifs, tout dépendant du style de vin choisi : l'eugénol étant normalement associé aux arômes boisés/fumés et le 2-phényléthanol est plutôt floral (rose). Ils pourraient donc être des marqueurs intéressants pour Sabrevois. Tout comme pour Radisson, il faudra néanmoins déterminer quelle maturité est la bonne pour ce cépage...

Enfin, pour les cépages à l'étude, des résultats encourageants ont été obtenus en analyse sensorielle, en particulier pour le suivi des maturités texturale, technologique et aromatique (voir tableaux 3 et 4). L'accumulation de données sur ce sujet devrait permettre de mettre en place une méthode adaptée aux cépages rustiques d'ici quelques années, mais c'est certainement un outil de choix pour le vigneron.

V. Évaluation du potentiel œnologique des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois à partir de la qualité des raisins

La caractérisation approfondie des cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois réalisée dans le cadre de ce projet permet de porter un regard éclairé sur les qualités œnologiques de ces variétés, mais aussi sur la façon de les travailler en cuve. En effet, les résultats suggèrent certaines complémentarités et posent également des questions, qui devront être éventuellement expérimentées de façon rigoureuse afin de contribuer à améliorer la qualité des vins québécois.

Dans l'ensemble, les cépages à l'étude semblent posséder de bonnes caractéristiques pour la vinification : certains arômes, comme la β -damascenone, sont beaucoup plus abondants chez Frontenac, Marquette, Sabrevois et Radisson que chez les cépages *V. vinifera*. Marquette présente en plus une teneur en terpènes floraux qui semble comparable au Cabernet sauvignon (Canuti *et al.*, 2009). Il faut mentionner que les cépages étudiés, de même que des cépages comme le Cabernet sauvignon, le Pinot noir ou le Merlot, font partie des variétés dites « non florales », qui sont connues pour avoir une teneur plus faible en terpènes floraux que les variétés florales comme le Gewürztraminer et le Muscat par exemple. Au niveau aromatique, Marquette est probablement le cépage qui présentait le plus de ressemblance avec les cépages *V. vinifera* ; il s'est aussi démarqué au niveau sensoriel, surtout en ce qui a trait aux tanins, qui semblent être plus abondants chez cette variété, bien que les analyses restent à faire de ce côté. Frontenac est aussi intéressant d'un point de vue aromatique, car il a une forte proportion de β -damascenone, mais le manque de terpènes

floraux peut éventuellement être un handicap en cuve. Enfin, malgré leur faible teneur en sucres, Radisson et Sabrevois présentent l'avantage de contenir de fortes concentrations d'esters fruités, des composés présentant des arômes de pomme et de fruits en général, qui contribuent aux notes de fruits rouges et noirs, en particulier lorsqu'ils sont en présence de terpènes floraux et de β -damascenone (San Juan *et al.*, 2012).

Donc, parmi les mariages qui seraient probablement heureux, on trouve le Frontenac et le Marquette, comme le font déjà plusieurs producteurs ; le Marquette apporte des notes florales au Frontenac qui en a peu, et permet aussi, si la maturité est suffisante, de balancer l'acidité du Frontenac. Ce mariage Frontenac-Marquette serait probablement amélioré de deux façons : soit en travaillant au niveau de la fermentation avec des levures permettant d'augmenter les esters fruités, qui manquent chez ces deux cépages, ou encore en ajoutant un troisième cépage riche en esters fruités comme le Radisson ou le Sabrevois (attention toutefois à l'acidité dans le cas du Sabrevois). L'apport d'esters fruités, d'une façon ou d'une autre, est très importante car non seulement ces composés sont des contributeurs majeurs aux notes de fruits rouges/noirs, mais en plus, certains d'entre eux peuvent vraisemblablement masquer des défauts comme la présence d'éthylphénols, des composés le plus souvent attribuables à une contamination par certaines levures, qui apportent des notes « d'animal mouillé », de « médicament » ou de « *Band-aid* » (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006 ; Romano *et al.*, 2011).

À cause de sa teneur intéressante en petits esters fruités, Radisson est probablement un bon candidat pour la fabrication de vins rosés fruités. Dans le cas où il serait utilisé en macération pelliculaire, la forte proportion de composés phénoliques qu'il contient (dont on ignore la nature) pourrait peut-être apporter de l'amertume ; il pourrait donc être logique de surveiller le développement d'amertume en cours de macération. Pour Sabrevois, les conclusions vont dans le même sens : ce cépage peut, selon toute probabilité, faire un vin rosé intéressant, fruité, à cause de la présence d'esters fruités et de 2-phényléthanol, un composé floral, mais en rouge, la macération devrait être minutieusement surveillée car plus la fermentation progresse (avec augmentation de la concentration en éthanol), plus l'extraction des composés aromatiques, dont l'eugénole (qui apporte des notes de fumée), est efficace. D'ailleurs, dans le cas où le Sabrevois est travaillé en rouge, comme c'est le cas chez beaucoup de producteurs, une attention particulière devrait être portée si à l'élevage en fût de chêne est adopté ; trop de chêne risquerait d'exacerber la présence déjà importante d'eugénole, surtout s'il est fortement torréfié. Par contre, l'apport de chêne peu ou pas torréfié serait peut-être intéressant pour balancer le caractère fumé de l'eugénole avec des notes de vanilles.

VI. Conclusion

Ce projet a évalué pour la première fois la maturité technologique, phénolique et aromatique chez les cépages rouges Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois cultivés dans la région de Québec, et chez les cépages rouges Frontenac et Marquette cultivés en Montérégie. Les résultats

obtenus, qui vont du développement des baies aux profils aromatiques, en passant par la teneur en divers classes de composés phénoliques, ont permis de déterminer des critères de qualité à cibler pour les cépages Frontenac et Marquette, et de donner une première piste vers l'élaboration d'une « maturité-cible » pour les cépages Radisson et Sabrevois. Par ailleurs, l'analyse sensorielle, dont une première approche a été faite pour les cépages rustiques dans le cadre de ce projet, a donné des résultats fort encourageants et promet d'être un outil important à développer pour les producteurs dans le cadre des suivis de maturité : la méthode est peu coûteuse, elle est directe (car faite par le producteur) et donne beaucoup d'information lorsqu'elle est faite de façon structurée. L'adaptation de cette méthode aux cépages rustiques sera poursuivie au cours des prochaines saisons.

Bien qu'une comparaison formelle entre les régions de Québec et de la Montérégie n'était pas l'objectif de ce projet, il est ressorti que le cépage Frontenac devrait être surveillé de près dans la région de Québec, possiblement par une réduction de la charge (de préférence au printemps ; le plus tôt étant le mieux), afin de parvenir à mûrir ce cépage de façon un peu plus efficace. Il importe d'arriver à véraison le plus rapidement possible, d'où l'impact des interventions culturales effectuées en début de saison (taille, contrôle de la charge, etc.). À cause de sa maturité plus hâtive que Frontenac, mais aussi en raison de ses caractéristiques très intéressantes au niveau œnologique, Marquette figure probablement parmi les cépages à considérer sérieusement pour la région de Québec. Dans le cas de ce cépage, un bon drainage du sol (essayer de limiter l'eau, pour autant qu'il soit possible de contrôler ce facteur) et une bonne exposition des grappes (effeuillage) pourraient favoriser le développement des terpènes floraux qu'il contient, ce qui complèterait avantageusement d'autres variétés moins riches de ce côté.

Les qualités vinicoles des cépages ont pu être entrevues par l'analyse des composés phénoliques et des profils aromatiques. Ces données, publiées pour la première fois pour les cépages Frontenac, Marquette, Radisson et Sabrevois, ont montré des profils très caractéristiques et uniques à chacun, d'où l'intérêt de poursuivre l'exploration de ce côté afin d'utiliser ces complémentarités aromatiques comme un outil lors de l'assemblage des vins. En outre, il sera primordial d'entamer des recherches approfondies sur les composés phénoliques, afin de déterminer quel est leur apport sensoriel dans la structure du vin (amertume, astringence, etc.). Là encore, il sera possible d'établir des complémentarités entre les variétés et de venir adapter les méthodes œnologiques actuelles aux cépages rustiques, afin d'en tirer un vin de qualité optimale. Une telle approche constitue l'une des clés de la réussite du vin québécois.

Références

- Baek *et al.* (1997) *J. Food Sci.*, 62 : 249-252
- Bisson (2001) *Practical Winery and Vineyard Journal*, juillet-août : <http://www.practicalwinery.com/julaug01p32.htm>
- Canuti *et al.* (2009) *J. Chrom. A*, 1216 : 3012-3022
- Condé *et al.* (2007) *Food*, 1 : 1-22
- Dubé & Turcotte (2011) Guide d'identification des cépages cultivés en climat froid : Cépages de cuves, Richard Grenier Éditeur, Québec, 216 pp.
- Esteban *et al.* (1999) *Am. J. Enol. Vitic.*, 50 : 418-434
- Fan *et al.*, (2010) *J. Food Sci.*, 75 : S81-S88
- Fenoll *et al.* (2009) *Food Chem.*, 114 : 420-428
- Fournaud *et al.* (2008) *J. Agric. Food Chem.*, 54 : 7331-7338
- Gil-Munoz *et al.* (2011) *Int. J. Food Sc. Tech.*, 46 : 1986-1992
- Girard *et al.* (2002) *Am. J. Enol. Vitic.*, 53 : 99-109
- Harbertson & Spayd (2006) *Am. J. Enol. Vitic.*, 57 : 280-288
- Jackson (2008) *Wine Science: Principles and Applications*. 3^{ième} édition, Academic Press, Oxford. 770 pages.
- Kotseridis & Baume (2000) *J. Agric. Food Chem.*, 48 : 400-406
- Pickering *et al.* (2007) *J. Food Sci.*, 72 : S468-S472
- Sala *et al.* (2002) *J. Chrom. A*, 953 : 1-6
- Liu & Caldwell (2010) Chapter 5 : Aroma-Impact Components of "Carlos" Muscadine Grape Juice. In : *Flavor and Health Benefits of Small Fruits*, M. Qian *et coll.* (éditeurs), ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington (DC), 63-77.
- Luby *et al.* (2010) Development and evaluation of cold hardy wine grape breeding selections and cultivars in the Upper Midwest. Rapport d'étape d'un projet se terminant le 31 août 2010. Données communiquées personnellement par Cornell University.
- Mazza *et al.* (1999) *J. Agric. Food Chem.*, 47 : 4009-4017
- Naugler *et al.* (2007) *Am. J. Enol. Vitic.*, 58 : 117-119
- Pirie & Mullins (1977) *Am. J. Enol. Vitic.*, 28 : 204-209
- Provost & Campagnaro (2011b) Effet de trois systèmes de conduite sur le rendement, la maturité, le gel printanier et les maladies fongiques de quatre cépages rustiques. Rapport d'étape de projet. 20 pages.
- Provost & Campagnaro (2011) Évaluation des caractéristiques techniques et des qualités vinicoles des cépages prometteurs de la vigne au Québec. Rapport final de projet. 72 pages.
- Rapp *et al.* (1980) *Vitis*, 19 : 13-23
- Ratnasooriya *et al.* (2010) *Can. J. Plant Sci.*, 90 : 193-205
- Romano *et al.* (2011) *Food Chem.*, 114 : 15-19
- Ribéreau-Gayon *et al.* (2006) *Handbook of Enology, Volume 2 : The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments*, 2^{ième} édition, John Wiley & Sons, 441 pages.
- Salinas *et al.* (2004) *J. Agric. Food Chem.*, 52 : 4821-4827
- Singleton & Rossi (1965) *Am. J. Enol. Vitic.*, 16 : 144-158
- Vilanova *et al.* (2012) *Anal. Chim. Acta*, doi:10.1016/j.aca.2012.01.026
- Zerouala & Campagnaro (2011) La vigne au Minnesota : résumé d'un voyage d'exploration. Présentation orale aux Journées horticoles, St-Rémy (Québec), 7-8 décembre 2011.