



Caractéristiques agronomiques des cépages cultivés au Québec et résumé de l'état des connaissances scientifiques sur la protection contre les gels.

Dr Caroline Provost, PhD., CRAM

Evelyne Barriault, agr., MAPAQ

Décembre 2019

Avant-propos

La production de raisins dans les climats froids doit relever plusieurs défis. En effet, les dommages causés par le froid aux tissus des bourgeons et des bois peuvent entraîner de graves pertes économiques. La santé et la productivité de la vigne sont fonction du site, des pratiques culturales des conditions climatiques pendant la saison de croissance, mais aussi pendant la période de dormance. L'industrie prévoit une augmentation importante des superficies de vigne dans les 5 prochaines années et des rendements moyens de 5 tons/ha à 8 tons/ha (CVQ 2018). De plus, une des cibles du Conseil des vins du Québec est d'augmenter les superficies de *Vitis vinifera* de 10 % à 25 % en 5 ans. Afin d'atteindre ces objectifs ambitieux et de maintenir la productivité à long terme, les vigneronns doivent s'assurer de mieux maîtriser la protection contre le gel et les pratiques culturales qui favorisent de bons rendements. Une meilleure connaissance des cépages *Vitis vinifera* est également souhaitable afin de garantir le succès de leur implantation. Plusieurs références ont été consultées et compilées dans le cadre de l'élaboration de ce document, de façon à dresser un portrait des caractéristiques agronomiques des cépages cultivés au Québec et de rapporter les résultats scientifiques des quelques études qui ont évalué les méthodes de protection hivernales.



Comment citer ce document :

Provost, C. et E. Barriault. 2019. Caractéristiques agronomiques des cépages cultivés au Québec et résumé de l'état des connaissances scientifiques sur la protection contre les gels. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel, Québec.

Caractéristiques des cépages cultivés au Québec

Lorsque vient le temps de choisir des cépages pour élaborer ses vins, le vigneron québécois peut choisir parmi plus d'une trentaine de cépages blancs et un nombre similaire de cépages rouges. Le choix des cépages est un aspect crucial et déterminant qui a des répercussions directes sur la rentabilité des entreprises. Les cépages doivent être sélectionnés d'abord selon le type de produit que le vigneron désire produire (vin blanc, vin rouge, vin mousseux, vin de glace...)



(Reynier 2012 ; Dami et al. 2005). Toutefois, les facteurs clés suivants doivent aussi être considérés dans le choix : la rusticité du cépage, les caractéristiques organoleptiques des fruits, la période requise pour la maturation du raisin (nombre de jours sans gel et cumul de degrés jours), la tolérance aux insectes et maladies, ainsi que les caractéristiques des vins produits (Avenard et al. 2003 ; Dami et al. 2005). Les conditions pédoclimatiques sont primordiales dans le choix des cépages, car l'entretien des vignes, le mode de conduite, le développement de la vigne ainsi que le développement et le rendement en raisin sont tous dépendants de ces conditions (Avenard et al. 2003 ; Reynier 2012). De plus, chaque cépage a des caractéristiques spécifiques dont l'expression sera influencée par les éléments pédoclimatiques et par les techniques de conduite et d'entretien sélectionnées par le producteur (Reynier 2012).

La production de raisins dans les climats froids doit relever plusieurs défis. Les dommages causés aux vignes par le froid constituent un problème important, en particulier aux limites septentrionales de la culture, où des dommages importants aux tissus des bourgeons et des bois peuvent entraîner de graves pertes économiques. La santé et la productivité de la vigne sont influencées par le site, les pratiques culturales, les conditions climatiques pendant la saison de croissance, mais également pendant la période de dormance.

La rusticité et la longueur de la saison de croissance constituent le principal défi pour la production des *Vitis vinifera* dans l'est de l'Amérique du Nord. Les vignerons québécois ont développé des techniques pour protéger les vignes non rustiques dans leur climat (ex. Seyval, Vidal, etc.) en les enterrant avec du sol (buttage) ou en les couvrant avec des géotextiles. Alors que la génétique détermine le degré ultime d'expression de la résistance au froid et la période requise pour l'atteinte de la maturité (exprimée en termes de nombres de jours sans gel et d'un cumul de degrés jours), l'environnement, ainsi que les pratiques culturales et la lutte antiparasitaire affectent cette expression. Des études sur la résistance au froid et aux blessures dues au froid ont permis de mener des programmes d'amélioration génétique dans l'est de l'Amérique du Nord. Ces études ont permis d'identifier les gènes responsables de la résistance au froid et de créer plusieurs cépages hybrides, avec ces caractéristiques (Reynolds 2015). En effet, les espèces de vigne nord-américaines sauvages possèdent des adaptations leur permettant de survivre à des températures hivernales aussi basses que -35 à -40 °C. La sélection génétique parmi ces variétés de vigne a conduit au développement de nouveaux cépages résistants au froid (Londo et Kovaleski 2017). Ces nouveaux cépages hybrides dont le Frontenac, la Crescent et le Marquette sont principalement plantés dans le nord-est des États-Unis et au Canada. Les vignerons québécois cultivent également des cépages hybrides français tels que Seyval et Vidal. Ces derniers sont moins résistants au froid que les hybrides américains, mais plus résistants que les *Vitis vinifera*. Ils doivent être protégés pendant

l'hiver. Les tableaux I à III présentent les caractéristiques agronomiques des principaux cépages cultivés au Québec.

La résistance des vignes au froid peut également varier en fonction de la région climatique où ils sont cultivés (Tab. I, II, III) (par exemple, Dami et al. 2016 ; Londo et Kovaleski 2017 ; Rekika et al. 2002 ; Wolf 2008). En outre, la résistance au froid de chaque cépage peut être saisonnière et varier en fonction des conditions hivernales d'une région à l'autre (Howell et Shaulis 1980 ; Plocher et Parke 2008). Pour aider à comprendre la résistance au froid, des méthodes et des modèles d'évaluation de la congélation des bourgeons ont été développés. Ces derniers sont souvent appelés analyse exothermique à basse température (low temperature exotherm, LTE) (Andrews et al. 1983 ; Wample et al. 1990 ; Wolf et Cook 1992 ; Mills et al. 2006 ; Ferguson et al. 2011). Des tests ont été également mis au point pour évaluer la tolérance des vignes au froid dans des conditions spécifiques de gel contrôlé. (Fennell 2004 ; Mills et al. 2006). La température critique des vignes peut être mesurée par analyse thermique différentielle (differential thermal analysis, DTA) (Wample et al. 1990). Le DTA détecte la fusion thermique (énergie thermique) libérée lorsque l'eau, en état de surfusion à l'intérieur des tissus de la vigne, gèle. La température à laquelle cette réaction se produit, appelée température exothermique à basse température (LTE), indique la température mortelle pour les tissus. Des micro-ordinateurs et des systèmes d'acquisition de données ont été développés spécifiquement pour les vignes (Wample et al. 1990, Mills et al. 2006). Ces études ont également permis d'étudier la levée de la dormance chez les vignes. Ainsi, il apparaît que malgré que les cépages hybrides américains soient capables de résister à des températures très froides lorsqu'ils sont au maximum de leur période d'endurcissement, ils ont également la faculté de sortir de dormance à des températures beaucoup plus froides que les *Vitis vinifera*. Ceci pourrait expliquer pourquoi les cépages hybrides américains subissent parfois des dommages de gel qui affectent la survie de leurs bourgeons et par conséquent, leur productivité (Willwerth 2014). Le suivi de plusieurs cépages dans des conditions de terrain sur plusieurs années dans différentes régions fournit des informations sur l'adéquation des cépages au site et sur les conditions environnementales contribuant aux dommages (Fennell 2004).

Une étude de Statistique Canada (2006) a dressé un portrait de l'industrie vitivinicole au Canada. Selon cette étude, la progression importante de cette industrie dans les années 2000 est due principalement à un changement au niveau des cépages plantés. En effet, dans les années 1980, un programme de remplacement et de replantation des vignes de l'espèce *Vitis labrusca* pour des cépages de l'espèce *Vitis vinifera* a été mis en place dans les provinces de l'Ontario et de la Colombie-Britannique. Le programme canadien de replantation a permis de doubler les superficies de *V. vinifera* au Canada, passant de 11 276 acres en 1993 à 21 825 acres en 2005. Ceci a aussi eu comme conséquence d'augmenter les ventes au détail et l'exportation des vins canadiens (Statistiques Canada 2006). Toutefois, les conditions météorologiques, principalement les hivers froids, ont des effets néfastes sur les cépages *V. vinifera* et ont des répercussions importantes sur l'industrie (Statistiques Canada 2006). Les cépages issus de croisements avec les vignes américaines *V. labrusca* sont plus rustiques et donc résistants aux conditions climatiques retrouvés entre autres au Québec. Toutefois, les vins issus de ces cépages possèdent des composés volatiles, du méthyl anthranilate et des ester volatiles totaux, qui procurent aux vins un goût « foxé » particulier (Fuleki 1982 ; Nelson et al. 1977 ; Reish et al. 1993). D'autres hybridations ont été effectuées entre des *V. vinifera* et des *V. amurensis* pour augmenter la rusticité des vignes (Bordelon

et al. 1997 ; Hemstad et Luby 2000 ; Rekika et al. 2005). Dans les conditions climatiques du Québec, les *V. vinifera* requièrent une protection pour survivre à l'hiver, soit le buttage ou les toiles géotextiles (Khanizadeh et al. 2005 ; Lasnier et al. 2002). Les conditions climatiques ont moins d'effets sur les cépages adaptés au froid comme les *V. labrusca* et *V. amurensis* et la production est relativement stable même en présence de conditions défavorables (Khanizadeh et al. 2005; Zabadal et al. 2007). Toutefois, les redoux hivernaux observés dans les dernières années, et qui seront de plus en plus présents dans les prochaines années, affectent grandement la résistance au froid des cépages rustiques et réduisent considérablement les rendements. Ces cépages sont résistants aux températures froides extrêmes, mais c'est plutôt les variations de température qui modifient l'état d'acclimatation de la vigne durant l'hiver qui cause des dommages de gel (Willwerth et al. 2014).

Tableau I : Caractéristiques des principaux cépages hybrides rouges (rustique et semi-rustique)

Variété	Sensibilité aux maladies ^a								Vigueur	Degrés-jours (base 10)	Tolérance au froid ^b	Références ^c
	DM	PM	BOT	BR	AT	DA	CG	EUT				
Baco noir	+	++	+	+++		+	+++	++	élevée	1200	-20°C à -26°C	1, 5, 6, 8, 9, 11, 15
Baltica		+		+	+				modérée	850	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 14
Chambourcin	+	+	++	+++		+	++		modérée/élevée	1350	-20°C à -26°C	1, 5, 6, 8, 9, 10, 11
Chancellor	+++	++	+	+	+	+++	++	+	modérée	1250	-23°C à -30°C	1, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13
De Chaunac	++	++	+	+	+	++	++	+++	modérée/élevée	1200	-26°C à -30°C	1, 5, 6, 8, 9, 11
DM-8521-1	+	+			+				modérée	950	-30°C à -34°C	1, 7, 14
Frontenac	-/+	++	++	++	+	++			élevée	1250	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 6, 7, 8, 14
Gewurztraminer	+++	+++	++	+++			+++	+++			-18°C à -23°C	2, 8, 11
Léon Millot	+	++	++	+		+	++	++	élevée	1000	-26°C à -32°C	1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15
Lucie Kulhmann	+	++			+	+			modérée	1050	-26°C à -32°C	1, 12, 13
Marechal Foch	+	++	+	++		+	+++	+++	modérée	1050	-26°C à -32°C	1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15
Marquette	-	+	+	+	+++				élevée	1100	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7, 14
Petite Perle	+	+	+	+	+				modérée	1150	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7
Pionner		+							élevée	1050	-30°C à -34°C	1
Radisson		++		+					modérée	1050	-30°C à -34°C	1, 3, 4
Sabrevois	+	+		+	+				modérée	1050	-30°C à -34°C	1, 7, 13, 14
Seyval noir	+	++	++						modérée	1150	-20°C à -26°C	1, 12
Skandia		+	+	+	++				modérée	900	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7
St. Croix	++	++	++	+	+				modérée/élevée	1100	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14

^a DM : downy mildew (mildiou); PM : powdery mildew (blanc, oïdium) ; BOT : Botrytis ; BR : black rot (pourriture noire) ; AT : anthracnose ; DA : dead arm (excoriose); CG : crown gall (Agrobactérium, tumeur du collet) ; EUT : Eutypa (Eutypiose)

-/+ = résistant et peu susceptibles selon plusieurs références ; - = résistant ; + = légèrement sensible ; ++ = modérément sensible ; +++ = très sensible.

^b Tolérance au froid : indique que l'on peut prévoir de 50-100 % de mortalité des bourgeons primaires à ces températures (Wolf 2008)

^c Références : 1. Dubé et Turcotte 2011 ; 2. Avenard et al. 2003 ; 3. Provost et al. 2011 ; 4. Provost et al. 2013 ; 5. Sivčev et al. 2010 ; 6. Dami et al. 2005 ; 7. Plocher and Parke 2008; 8. Wolf 2008 ; 9. Rousseau et al. 2013 ; 10. Tuchschnid et al. 2006; 11. Reisch et al. 1993; 12. Khanizadeh et al. 2008 ; 13. Khaniadeh et al. 2004 ; 14. Carisse and Lefebvre 2011; 15. Lisek 2010 ; 16. Fennell 2004 ; 17. Dami et al. 2016.

Tableau II : Caractéristiques des principaux cépages hybrides blancs (rustique et semi-rustique)

Variété	Sensibilité aux maladies ^a								Vigueur	Degrés-jours	Tolérance au froid ^b	Références ^c
	DM	PM	BOT	BR	AT	DA	CG	EUT				
Adalmina	+	++	++	+	+				élevée	950	-30°C à -34°C	1, 3, 4
Cayuga white	+	++	+	+	++		++	+	élevée	1250	-23°C à -28°C	1, 6, 8, 11
Frontenac blanc	-/+	+		++	++				élevée	1150	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7, 14
Frontenac gris	-/+	+		++	+				élevée	1150	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7, 14
Geisenheim	+	+++	+		++				modérée	1200	-26°C à -32°C	1, 14
Hibernal	++	+	+	+		+			modérée	1250	-20°C à -26°C	1, 9, 12, 13
La Crescent	+	+		++	++				élevée	1150	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 6, 7, 14
Louise Swenson	+	+	+	+	++				faible	1050	-30°C à -34°C	1, 3, 4, 7, 14
Osceola Muscat	++	++	+	+	+				élevée	1000	-26°C à -32°C	1, 3, 4
Prairie Star	+	++			+				modérée	1000	-26°C à -32°C	1, 7, 12
Seyval	+	+++	++	++	+	+	++	+	modérée	1150	-20°C à -26°C	1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15
St.Pepin	+	++	+		+				modérée	1100	-30°C à -34°C	1, 7, 11, 12, 13, 14
Swenson white		+	+		+++				modérée	1200	-30°C à -34°C	1, 14
Traminette	+	+	+	+	+++	++	++	+	modérée/élevée	1300	-23°C à -30°C	1, 6, 8, 14
Vandal Cliche	+	+	+		+++				modérée/élevée	1050	-26°C à -32°C	1, 12, 13, 14
Vidal	+	++	-/+	+	+	+	+++	+	modérée	1300	-20°C à -26°C	1, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14

^a DM : downy mildew (mildiou); PM : powdery mildew (blanc, oïdium) ; BOT : Botrytis ; BR : black rot (pourriture noire) ; AT : anthracnose ; DA : dead arm (excoriose); CG : crown gall (Agrobactérium, tumeur du collet) ; EUT : Eutypa (Eutypiose)

-/+ = résistant et peu susceptibles selon plusieurs références ; - = résistant ; + = légèrement sensible ; ++ = modérément sensible ; +++ = très sensible.

^b Tolérance au froid : indique que l'on peut prévoir de 50-100 % de mortalité des bourgeons primaires à ces températures (Wolf 2008)

^c Références : 1. Dubé et Turcotte 2011 ; 2. Avenard et al. 2003 ; 3. Provost et al. 2011 ; 4. Provost et al. 2013 ; 5. Sivčev et al. 2010 ; 6. Dami et al. 2005 ; 7. Plocher and Parke 2008 ; 8. Wolf 2008 ; 9. Rousseau et al. 2013 ; 10. Tuchschnid et al. 2006 ; 11. Reisch et al. 1993 ; 12. Khanizadeh et al. 2008 ; 13. Khaniadeh et al. 2004 ; 14. Carisse and Lefebvre 2011 ; 15. Lisek 2010 ; 16. Fennell 2004 ; 17. Dami et al. 2016.

Tableau III : Caractéristiques des cépages *Vitis vinifera*

Variété	Sensibilité aux maladies ^a								Vigueur	Degrés-jours	Tolérance au froid ^b	Références ^c
	DM	PM	BOT	BR	AT	DA	CG	EUT				
Cabernet franc	+++	+++	+	+++			+++	+++	modérée	1400	-20°C à -26°C	2, 6, 8, 11
Cabernet Sauvignon	+++	+++	+	+++			+++	+++	élevée	1450	-18°C à -23°C	2, 6, 8, 11, 16, 17
Chardonnay	+++	+++	+++	+++		++	++	++	modérée	1275	-18°C à -26°C	1, 2, 6, 8, 11, 16, 17
Gamay	+++	+++	++	++		+	+++	+++	modérée	1325	-18°C à -23°C	1, 2, 11, 17
Merlot	+++	+++	++	++			+++	+++	modérée/élevée		-15°C à -18°C	2, 6, 8, 11, 17
Pinot gris	+++	+++	++	+++			+++	+++	modérée	1200	-18°C à -23°C	6, 8, 11
Pinot noir	+++	+++	+++	+++			+++	++	modérée	1275	-18°C à -23°C	2, 8, 6, 11
Riesling	+++	+++	+++	+++		+	+++	++	modérée	1400	-20°C à -26°C	1, 2, 6, 8, 11, 16
Sauvignon blanc	+++	+++	+++	+++			+++	++	élevée		-15°C à 18°C	2, 6, 8, 11

^a DM : downy mildew (mildiou); PM : powdery mildew (blanc, oïdium); BOT : Botrytis; BR : black rot (pourriture noire); AT : anthracnose; DA : dead arm (excoriose); CG : crown gall (*Agrobacterium*, tumeur du collet); EUT : Eutypa (*Eutypiose*)

-/+ = résistant et peu susceptibles selon plusieurs références; - = résistant; + = légèrement sensible; ++ = modérément sensible; +++ = très sensible.

^b Tolérance au froid : indique que l'on peut prévoir de 50-100 % de mortalité des bourgeons primaires à ces températures (Wolf 2008)

^c Références : 1. Dubé et Turcotte 2011; 2. Avenard et al. 2003; 3. Provost et al. 2011; 4. Provost et al. 2013; 5. Sivčev et al. 2010; 6. Dami et al. 2005; 7. Plocher and Parke 2008; 8. Wolf 2008; 9. Rousseau et al. 2013; 10. Tuchschnid et al. 2006; 11. Reisch et al. 1993; 12. Khanizadeh et al. 2008; 13. Khaniadeh et al. 2004; 14. Carisse and Lefebvre 2011; 15. Lisek 2010; 16. Fennell 2004; 17. Dami et al. 2016.

La vigueur des vignes est une caractéristique importante pour le choix du mode de conduite et de la densité de plantation. Les cépages très vigoureux requièrent généralement plus d'espace, mais également plus de manipulation par le viticulteur afin de la conduire adéquatement et de garantir leur productivité.

Tableau IV : Rendement des cépages hybrides au vignoble expérimental du CRAM, Oka

Variété	Rendement CRAM (T/ha)				date récolte				Degrés-jours (cumulés base 10, à récolte)				Protection hivernale	Mode de conduite
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018		
<i>Rouges</i>														
Baltica		5,34	5,93			2016-08-29	2017-09-01			1136	1014		non	VSP
Frontenac	12,17	14,03	14,7	6,72		2016-10-04	2017-10-10	2018-09-27		1386	1318	1242	non	VSP
Léon Millot	3,59	11,63	3,73	3,27	2015-09-30	2016-10-17	2017-10-02	2018-09-13	1400	1414	1265	1183	oui	Gobelet
Marechal Foch	3,8		3,77	3,19			2017-10-02	2018-09-14			1265	1190	oui	Gobelet
Marquette	5	12,89	5,6	1,45		2016-09-20	2017-09-21	2018-09-20		1331	1173	1227	non	VSP
Petite Perle	11,8	5,99	10,59	0,72		2016-10-04	2017-10-03	2018-09-19		1386	1269	1226	non	VSP
Radisson	12,78	7,94	7,59		2015-09-22	2016-09-27	2017-10-02		1363	1360	1265		non	VSP
Sabrevois		10,66	8,64	8,33		2016-09-27	2017-10-02	2018-09-20		1360	1265	1227	non	VSP
Skandia	3,24		14,39		2015-09-17		2017-09-01		1325		1014		non	VSP
St. Croix	5,58	6,94	9,03	6,42	2015-09-29	2016-09-27	2017-10-02	2018-09-14	1399	1360	1265	1190	non	VSP
<i>Blancs</i>														
Acadie	10,68	21,79	9,43	11,12	2015-10-06	2016-09-22	2017-09-27	2018-09-13	1402	1346	1257	1183	oui	Gobelet
Adalmina	4,6	4,78	3,82	3,39		2016-09-13	2017-09-18	2018-09-13		1279	1139	1183	non	VSP
Frontenac blanc	12,23	11,05	15,54	2,14		2016-09-26	2019-09-27	2018-09-19		1354	1257	1226	non	VSP
Frontenac gris	10,69	12,84	16,35	0,1	2015-09-24	2016-09-27	2017-10-04	2018-09-19	1376	1360	1280	1226	non	VSP
La Crescent	4,82	7,81	10,45		2015-10-05	2016-09-26	2017-09-26		1400	1354	1242		non	VSP
Louise Swenson	11,52	15,9	9,4	5,53	2015-09-25	2016-09-26	2017-09-25	2018-09-13	1378	1354	1226	1183	non	VSP
Osceola Muscat	5,5	15,17	14,45			2016-09-12	2017-09-18			1271	1139		non	VSP
Seyval	5,72	13,14	4,81	8,51	2015-10-06	2016-10-17	2017-09-28	2018-09-13	1402	1414	1260	1183	oui	Gobelet
St.Pepin	10,77	12,78	6,96	8,79	2015-09-24	2016-09-22	2017-09-25	2018-09-13	1376	1346	1226	1183	non	VSP
Swenson white	13,5	15,07	19,28		2015-09-25	2016-09-27	2017-09-28		1378	1360	1260		non	VSP
Traminette	2,99	5,35	4,7		2015-10-06	2016-10-17	2017-09-27		1402	1414	1257		oui	Gobelet
Vandal Cliche	11,52	14,42	11,49	7,05	2015-10-06	2016-09-22	2017-09-25	2018-09-13	1402	1346	1226	1183	non	VSP
Vidal	11,99	11,07	12,28	12,88	2015-10-06	2016-10-17	2017-09-28	2018-10-05	1402	1414	1260	1248	oui	Gobelet

* 2018, les blancs ont tous été récoltés en même temps pour la vente du raisin

** beaucoup de dommages de gel d'hiver dans parcelle vinification

*** gel de printemps

Protection hivernale : toile géotextile

Protection contre les gels

Il est important de différencier deux périodes distinctes où le gel représente une menace pour les vignes ; le gel hivernal et le gel printanier.

Gel hivernal

Le gel hivernal survient durant la période de dormance des vignes. La résistance au froid est un processus physiologique qui débute à la fin de la saison (août) et se poursuit jusqu'à la fin de la période de dormance (mars/avril). Trois étapes sont observées durant cette période : l'acclimatation, la résistance maximale et la désacclimatation (Willwerth et al. 2014). L'acclimatation est le processus qui permet à la plante d'augmenter sa tolérance au froid. La physiologie des plantes est alors modifiée selon différents processus et est influencée par une réduction de la photopériode et le refroidissement des températures (Fennell 2004 ; Grant et al. 2013, 2015). Les changements physiologiques comprennent la déshydratation des tissus, la variation du contenu hormonal (par exemple l'augmentation de la teneur en acide abscissique) et la présence de cryoprotecteurs, tels que les sucres, les lipides et les protéines (Fennell 2004; Gusta et al. 2005; Grant et al. 2013, 2015). En fin d'hiver, les températures plus clémentes et les journées plus longues induisent une désacclimatation de la vigne. La désacclimatation est le processus par lequel la vigne sort de la dormance et commence à reprendre une croissance active (Willwerth 2013 ; Keller 2015). La teneur en eau des plantes augmente alors progressivement et les niveaux d'hormones et de cryoprotecteurs diminuent (Fennell, 2004). Cette période est cruciale pour la plante, car l'absorption d'eau augmente la sensibilité des bourgeons au gel. La tolérance au froid en fin d'hiver et au printemps est liée à la température de l'air au moment de débourrement (précoce ou non) et au rythme de développement (développement lent ou rapide après le débourrement) (Wolf et Cook, 1992 ; Fennell, 2004). Après le débourrement, les tissus de la vigne sont très sensibles au gel, jusqu'à la fin de la saison de croissance. Les gelées printanières ou automnales peuvent alors interrompre abruptement le développement de la vigne et avoir des conséquences importantes sur le rendement, la maturité des fruits et la santé des vignes, notamment leur acclimatation. La sélection du site, les pratiques culturales et les méthodes de protection contre le gel sont essentielles pour éviter les dommages dus au gel pendant la saison de croissance (Fennell, 2004).

Les dommages de gel causés à une plante durant sa période de dormance ne sont pas directement reliés aux températures gélives (sous 0 °C), mais davantage à la formation de glace extracellulaire dans les tissus de la plante. Cette dernière aspire l'eau des cellules et les déshydrate (Fennell 2004 ; Snyder et Melo-Abreu 2005). Au cours du processus de dormance, les plantes acquièrent graduellement de la résistance au froid suite à une période d'acclimatation. Les plantes vont atteindre un niveau maximal d'endurcissement durant l'hiver, puis cette tolérance au froid se perd progressivement à mesure qu'elles sont soumises à des températures plus clémentes (Snyder et Melo-Abreu 2005 ; Willwerth et al. 2014 ; Zabadal et al. 2007). Une combinaison de plusieurs facteurs détermine la température à laquelle la plante sera en mesure de résister au cours de sa période de dormance. Les dommages affectent principalement les bourgeons et par conséquent la production de la saison suivante. Les dommages peuvent également affecter la charpente des vignes et ainsi réduire leur pérennité. Plusieurs méthodes ont été développées afin de réduire les pertes causées par les dommages de gel. Les diverses méthodes peuvent être classées en deux catégories :

des méthodes de protection indirectes (passives) ou directes (actives) (Poling 2008 ; Snyder et Melo-Abreu 2005). Les méthodes indirectes sont celles qui sont utilisées en prévention des événements climatiques et qui sont déjà en place lorsque le gel survient, ces méthodes permettent de réduire le potentiel de dommage. Les méthodes de protection directes sont temporaires et demandent une action avant l'arrivée du gel. Les méthodes directes permettent de réduire les dommages lorsque l'événement climatique survient. Ainsi, le rendement et le moment de la récolte de même que les pratiques culturales réalisées au vignoble durant la saison de croissance sont autant de facteurs indirects qui affectent la résistance des vignes au froid. Parmi les pratiques culturales, mentionnons la taille, la conduite l'éclaircissage, l'effeuillage, la lutte contre les mauvaises herbes et autres ravageurs comme des méthodes indirectes et peuvent affecter la résistance au froid des plants de vigne (Fennell 2004 ; Wolpert et Howell 1985 ; Howell 2001 ; Willwerth et al. 2014). Tandis que des méthodes de protection physique, telles que les toiles géotextiles et le buttage, sont des méthodes directes de protection contre les gels hivernaux.



Bourgeon primaire gelé et débourrement inégal suite à des dommages de gel hivernal

La protection des bourgeons contre les dommages de gel hivernal est essentielle pour la production de plusieurs cépages de vigne dans les régions septentrionales. Des méthodes de protection hivernale ont été développées afin d'utiliser des cépages moins résistants au froid (tendres, semi-rustiques) dans les régions froides. Plusieurs méthodes sont disponibles comme l'isolation avec la neige, du paillis, du sol (buttage), les machines à vent et des géotextiles pour réduire les dommages dus à l'hiver (Tab. V) (Barriault 2017; Zabadal et al. 2007).

Gel printanier tardif et automnal hâtif

Un événement de gel de printemps provoque des dommages une fois que la vigne a débuté sa croissance végétative. Ces événements peuvent survenir tous les ans et les dommages causés sont modulés par plusieurs facteurs, dont la topographie du site, le cépage, et le stade de développement (Plocher et Parke 2008 ; Snyder et Melo-Abreu 2005 ; Wolf 2008). Un gel de printemps entraîne souvent une perte de productivité en causant la mort des bourgeons primaires, la vigne produit ainsi sur les bourgeons secondaires et tertiaires, ce qui réduit considérablement le rendement ainsi que la qualité des fruits (Wolf 2008). Le risque de dommage causé par un gel de printemps augmente lorsque les températures du début de saison sont plus chaudes et que le développement de la vigne

est précoce. Les cépages hâtifs ayant des développements plus rapides au printemps (ex : Maréchal Foch, Marquette), sont plus sujets aux épisodes de gel printanier. (Barriault 2017 ; Plocher et Parke 2008 ; Wolf 2008). Un gel hâtif peut aussi survenir à l'automne, avant la récolte, et mettre fin à la période de maturation des fruits (accumulation des sucres), ou après la récolte, mais avant que la vigne n'ait été en mesure de compléter son aoûtement (accumulation de glucides), réduisant ainsi l'acclimatation de la vigne pour l'hiver et engendrant des risques importants de dommages durant l'hiver. (Wolf 2008). Différents types de gel peuvent être observés et auront des effets différents sur la vigne (Tab. VI) (Barriault 2017 ; Poling 2008 ; Snyder et Melo-Abreu 2005 ; Zabadal et al. 2007). L'efficacité des méthodes de protection contre les divers types de gel peut être variable (Tab VII).



Gel tardif au printemps

Tableau V : Avantages et inconvénients des principales méthodes de protection hivernale (tiré de Barriault 2017)

Méthode de protection	Description	Avantages	Inconvénients	Coût
Buttage	<ul style="list-style-type: none"> Les vignes sont recouvertes d'un monticule de terre à l'aide d'un socle de charrue. 	<ul style="list-style-type: none"> Excellente protection ; Se fait assez rapidement et est peu coûteux. 	<ul style="list-style-type: none"> Besoin d'un équipement adéquat (butage et débutage) ; Dommages mécaniques possibles au tronc et aux racines en surface ; Perturbe l'équilibre et la structure du sol, expose les roches ; Risque d'érosion ; Plus difficile à réaliser dans les sols lourds ; Empêche l'enherbement permanent de l'entre-rang ; Incompatible avec les tailles longues ; Danger d'affranchissement des vignes greffées ; Serait associé à certaines maladies associées causées par les <i>Cylindrocarpon</i>. 	\$\$
Toiles géotextiles	<ul style="list-style-type: none"> Les vignes sont pré-taillées à l'automne ; Les baguettes (pour les tailles longues) sont rabattues au sol ou attachées à un fil ; Les toiles sont déposées sur les fils releveurs et ensuite fixées au sol en prenant soin de calfeutrer toutes les entrées d'air autour des poteaux. 	<ul style="list-style-type: none"> Lorsqu'elles sont bien entreposées, les toiles peuvent servir une dizaine d'années ; Excellente protection contre le froid ; Possibilité de taille courte ou longue ; Retrait de la protection relativement rapide au printemps. 	<ul style="list-style-type: none"> Les toiles doivent être entreposées et idéalement identifiées de façon à être remises sur le même rang, année après année ; Charge de travail supplémentaire à l'automne (prévoir le personnel en conséquence) ; Risque de dommages par des rongeurs (prévoir des moyens de lutte). 	\$\$\$
Paille, foin	<ul style="list-style-type: none"> Recouvrement des vignes. 	<ul style="list-style-type: none"> Ralentissent la chute de température ; Lorsque la paille ou le foin sont utilisés en combinaison avec les toiles géotextiles, la protection est améliorée. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisés seuls, ils constituent une protection insuffisante sous nos conditions ; La quantité importante de paille laissée au champ augmente le rapport C/N), ce qui nuit à l'assimilation de l'azote ; Risques accrus de dommages par des rongeurs ; Temps requis pour retirer la paille au printemps. 	\$\$
Neige	<ul style="list-style-type: none"> Des clôtures à neige ou le buttage de la neige en début d'hiver peuvent être utilisés pour favoriser son accumulation. 	<ul style="list-style-type: none"> Excellent isolant (pour les cépages rustiques) lorsqu'elle recouvre uniformément la zone fruitière pendant tout l'hiver. 	<ul style="list-style-type: none"> Abondance incertaine et imprévisible dans plusieurs régions. La neige artificielle n'a pas la même qualité isolante que la neige naturelle. 	0 à \$

Tableau VI : Caractéristiques des types de gel influencés par les conditions météorologiques (Tiré de Barriault 2017)

<p style="text-align: center;">Gel radiatif</p> <p style="text-align: center;">(plusieurs méthodes de lutte possibles)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciel clair durant la nuit (peu de nuages) ; ▪ Absence de vent ; ▪ Inversion de température (le gradient vertical de température à partir du sol jusqu'à 10 m est élevé). <p>✓ Gelée blanche : température du point de rosée (> 2,2 °C), temps plus humide.</p> <p>✓ Gelée noire : température du point de rosée (< 2,2 °C), temps plus sec.</p>
<p style="text-align: center;">Gel/gelée</p> <p style="text-align: center;">(difficile à combattre surtout à cause de la durée et la variation des conditions météorologiques)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combine les caractéristiques du gel radiatif et du gel advectif ▪ Température < 0 °C ▪ Vents entre 8 et 16 km/h ▪ Longue durée, souvent plus de 10 h
<p style="text-align: center;">Gel advectif</p> <p style="text-align: center;">(le seul moyen de lutte possible est de couvrir les cultures à l'aide de toiles ou de couvertures)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Passage d'un front froid ; ▪ Ciel clair ou nuageux ; ▪ Vents forts (>16 km/h) ; ▪ Pas d'inversion de température (le gradient vertical de température à partir du sol jusqu'à 10 m est faible).

Tableau VII : Avantages et inconvénients des principales méthodes de protection contre le gel de printemps (tiré de Barriault 2017)

Méthode de protection	Avantages	Inconvénients	Coût
Machine à vent¹	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protection efficace contre le gel radiatif au printemps et à l'automne, possibilité de l'utiliser même en hiver ; ▪ Démarrage automatique et rapide ; ▪ Possibilité de machine à vent mobile ; ▪ Protège environ 4 ha. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ne protège pas contre le gel advectif ; ▪ Inefficace lorsque la vitesse du vent est supérieure à 8 km/h. 	\$\$\$\$
Hélicoptère	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mêmes avantages que la machine à vent ; ▪ Peut protéger jusqu'à 20 ha, selon la taille de l'hélicoptère et l'intensité du gel. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mêmes inconvénients que la machine à vent ; ▪ Solution temporaire, coût élevé à long terme ▪ Le producteur doit assister le pilote ▪ Certaines contraintes pour les vols de nuit 	\$\$ *
Irrigation par aspersion	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Très efficace au printemps pour la plupart des types de gel. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demande une source d'eau importante ; ▪ Certificat d'autorisation requis pour le captage de l'eau ; ▪ Risque élevé de dommage aux cultures s'il y a défaillance du système pendant l'irrigation ; ▪ Peut occasionner des problèmes liés à la sursaturation des sols en eau ; ▪ Ne fonctionne pas pour le gel automnal hâtif. 	\$\$\$
Buches, brûleurs et bougies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Idéal pour petites superficies ; ▪ Efficaces contre la plupart des types de gel à condition d'en placer suffisamment (275 buches/ha ; 100 à 200 brûleurs/ha ; 350 bougies/ha). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besoin de main-d'œuvre important ; ▪ Temps d'allumage assez long ; ▪ Certaines municipalités ont des restrictions ; ▪ Durée d'efficacité de 3-4 heures pour les buches et jusqu'à 8 heures pour les bougies. 	\$
Selected Inverted Sink (SIS)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ralentit l'abaissement de la température ; ▪ La machine peut être déplacée assez facilement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protection limitée ; ▪ Peu d'effet sur l'augmentation de la température ; ▪ Pas adapté aux terrains plats ; ▪ Doit être placé dans les zones les plus basses des parcelles ; ▪ Plusieurs machines peuvent être nécessaires selon les sites. 	\$\$
Frostguard (Agrofrost)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La machine peut être déplacée assez facilement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité à démontrer. 	\$\$

Ce qu'en disent les études scientifiques

Très peu d'étude a évalué les méthodes de protection contre les gels hivernaux et printaniers. Quelques ouvrages abordent les diverses méthodes de protection, mais des études comparatives sont manquantes. Voici en résumé les résultats de recherche de quelques études pour les toiles géotextiles et le buttage. Aucune autre étude n'a été répertoriée concernant les autres méthodes de protection.

Peu d'études ont évalué l'utilisation du géotextile dans les conditions de l'est du Canada, toutefois l'équipe de Khanizadeh (2004, 2005) a mené une étude dans les conditions du Québec. Ils ont évalué les méthodes de protection hivernale pour vingt cépages dans trois vignobles de la Montérégie, Québec (conditions de sol et conditions microclimatiques différentes) (Khanizadeh et al. 2004, 2005). Ils ont observé que les cépages réagissaient différemment à la protection hivernale et étaient aussi influencés par les sites d'essai. L'utilisation des toiles géotextile semble plus efficace pour les cépages tendres et semi-rustiques. Selon les résultats obtenus, les cépages rustiques Sabrevois, Prairie Star, Delisle, Mitchurinetz, Sainte-Croix et Saint-Pépin étaient moins affectés par la protection hivernale, leurs rendements étant similaires en présence et en absence de protection. Cependant, les cépages semi-rustiques tels que ES-6-12-28, GR-7 et Lucie Kuhlmann, ont produit des rendements plus élevés lorsqu'ils étaient recouverts de neige ou de géotextile par rapport à l'absence de protection hivernale. Khanizadeh et al. (2008) ont également observé que la protection hivernale avait une incidence sur la distribution des fruits. Pour les cépages rustiques et semi-rustiques, ils ont observé que l'utilisation de géotextile comme protection hivernale donnait lieu à une répartition des fruits avec le pourcentage le plus élevé de grappes entre 81 et 125 cm au-dessus du sol. En revanche, les cépages tendres avaient des fruits dispersés, avec une distribution globale concentrée entre 0 et 125 cm. Cette différence entre les cépages rustiques, semi-rustiques et tendres utilisant une protection géotextile peut être attribuée au mode de conduite utilisé. Récemment, d'autres études ont été réalisées dans des conditions climatiques ontariennes (Willwerth 2013; Willwerth et al. 2014). Ils ont noté que l'utilisation de géotextile pour protéger les vignes produisait un « effet de serre » et augmentait les températures (moyenne journalière, minimum et maximum). Le géotextile a eu des effets sur la résistance au froid de la vigne avec certaines réductions des niveaux de résistance pendant les périodes d'acclimatation et de désacclimatation. Pour réduire le gel hivernal et printanier, il est important de retirer le géotextile au moment opportun, car il peut réduire la résistance pendant la période de désacclimatation. En règle générale, il a été démontré que l'utilisation de géotextile était très efficace pour protéger les bourgeons du gel et se traduisait par une meilleure santé de la vigne et des rendements plus élevés. L'étude de Gagné (2013), comprenant 5 types de toiles, a aussi démontré un effet de protection efficace des toiles géotextiles et que ce mode de protection permettait d'augmenter les températures, variant de 10-15 °C selon le couvert de neige, sous la protection comparativement à l'extérieur.

L'évaluation du buttage dans les conditions du Québec a été réalisée que dans le cadre de deux études, soit celle de Jolivet et Dubois (2000), durant une seule saison hivernale (1994-1995), et l'étude de Khanizadeh et al. (2005), seulement en Montérégie. Dans l'étude de Jolivet et Dubois (2000), le buttage de la vigne a permis de protéger les bourgeons en maintenant la température sous le couvert de sol (10-20 cm) entre -2 °C et 2 °C. La présence d'un couvert de neige n'a eu aucun

effet sur la température sous la butte de sol. Il est aussi mentionné que le buttage cause des dommages aux plants, augmente la probabilité des maladies sur les plants, retarde le débourrement et augmente l'érosion du sol (Jolivet et Dubois 2000 ; Pierquet et al. 1977). Toutefois, l'étude de Khanizadeh et al. (2005) a démontré que le buttage (avec le sol) de Seyval blanc semble être inefficace en plus d'augmenter les risques de maladie et les coûts de production.

Projets de recherche en cours sur l'évaluation des cépages et des méthodes de protection au froid

Deux projets sont actuellement en cours au Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel afin d'évaluer différents paramètres pour l'utilisation optimale des toiles géotextiles. Un résumé des objectifs et des méthodologies des projets est présenté.



Use of winter protection systems to reduce winter injuries of cold sensitive cultivars.

Projet grappe scientifique Agriculture Agroalimentaire Canada (2018-2023)

Chercheur principal : Dr Caroline Provost, CRAM

Collaborateurs : Alexander Campbell, MSc-CRAM. Dr Jim Willwerth-Brock University, Larbi Zerouala-MAPAQ, Évelyne Barriault-MAPAQ, Conseil des vins du Québec

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer la connaissance de la physiologie de la vigne liée à la résistance au froid des cultivars hybrides (rustiques et semi-rustiques) et *Vitis vinifera* dans les conditions de l'est du Canada afin de soutenir le développement de l'industrie vinicole.

Les objectifs spécifiques comprennent :

1. Acquisition de connaissances sur les systèmes de protection hivernale avec géotextile (ou autre matériau) afin d'optimiser la protection hivernale de la vigne et permettant d'accroître le rendement et la qualité des fruits ;
2. Développement d'une utilisation optimale (moment de l'installation et du retrait) des toiles géotextiles comme protection hivernale.

Paramètres évalués

- types de toiles : Hybertex 2,2 mm, Hybertex 3mm et ArboPro
- moments d'installation : installation hâtive/tardive, retrait hâtif/tardif

Donc 12 traitements par cépage :

- Hybertex 2.2 mm, installation hâtive (chute des feuilles,)/retrait hâtif (dès que la neige le permet (avril)
- Hybertex 2,2 mm, installation tardive (2-3 sem après la chute des feuilles)/retrait hâtif
- Hybertex 2,2 mm, installation hâtive/retrait tardif (mai)
- Hybertex 2,2 mm, installation tardif/retrait tardif
- Hybertex 3 mm, installation hâtive/retrait hâtif
- Hybertex 3 mm, installation tardive/retrait hâtif
- Hybertex 3 mm, installation hâtive/retrait tardif
- Hybertex 3 mm, installation tardif/retrait tardif
- Arbopro, installation hâtive/retrait hâtif
- Arbopro, installation tardive/retrait hâtif
- Arbopro, installation hâtive/retrait tardif
- Arbopro, installation tardif/retrait tardif

Trois cépages : Vidal, Chardonnay, Pinot (noir ou gris)

Les essais sont réalisés dans plusieurs vignobles et dans diverses régions (Tab VIII), un minimum de deux vignobles pour chacun des cépages est réalisé.

Les essais sont réalisés dans les vignobles durant 3 hivers consécutifs.

Acquisition de nouvelles connaissances et optimisation de l'utilisation des toiles géotextiles comme protection hivernale des vignes au Québec.

Projet Innovation MAPAQ (2019-2022)

Chercheur principal : Dr Caroline Provost, CRAM

Collaborateurs : Alexander Campbell, MSc-CRAM. Larbi Zerouala-MAPAQ, Évelyne Barriault-MAPAQ, agronomes (Gaëlle Dubé, Jean-François Peloquin, Raphaël Fonclara, Isabelle Turcotte), Conseil des vins du Québec

Objectifs

L'objectif principal est d'améliorer la protection des vignes hybrides (rustiques, semi-rustiques) et de *Vitis vinifera* contre les dommages de gel hivernaux. Les objectifs spécifiques incluent : 1. acquisition de connaissances sur l'installation des systèmes de protection hivernale avec géotextile afin d'optimiser la protection hivernale ; 2. développement d'une utilisation optimale des géotextiles en tant que protection hivernale dans les conditions du Québec.

Paramètres évalués

- hauteur de l'installation du fil fruitier (conducteur, porteur), soit 8", 12", 16" à partir du sol.
- l'étanchéité au niveau des poteaux de palissage : trous au niveau des poteaux seront refermés avec du tissu (foulard), ou il n'y aura pas de fermeture complète au niveau des poteaux.

Donc 6 traitements :

- hauteur fil 8", avec foulard
- hauteur fil 12", avec foulard
- hauteur fil 16", avec foulard
- hauteur fil 8", sans foulard
- hauteur fil 12", sans foulard
- hauteur fil 16", sans foulard

Le type de toile qui utilisé est la Hybertex 2.2 mm. Toutes les toiles sont installées et retirées à la même période, ce moment sera déterminé à la suite de la première année d'essais dans le cadre du projet de grappe-AAC. La distance entre le fil fruitier et le fil releveur (qui tient le dessus de la toile) est le même dans tous les traitements.

Trois cépages : Vidal, Chardonnay et Pinot (noir et gris).

Les essais sont réalisés dans plusieurs vignobles et dans diverses régions (Tab VIII), un minimum de trois vignobles pour chacun des cépages.

Les essais sont réalisés dans les vignobles durant 2 hivers consécutifs.

Actuellement, les producteurs utilisent déjà les géotextiles bien que les méthodes et les techniques d'application varient et que peu d'informations soient disponibles concernant leur utilisation et les effets sur les vignes. Ces projets permettront : 1) de comprendre en détail comment les géotextiles protègent la vigne contre les dommages dus à l'hiver ; 2) de vérifier les variations des conditions climatiques pendant la saison de dormance sous et en dehors du géotextile ; et 3) de proposer des conditions optimales d'installation (protocoles d'installation et de retrait). Une meilleure connaissance de l'utilisation des toiles géotextile offrira aux producteurs une méthode fiable et efficace de protection contre l'hiver.

Monitoring system for evaluation of cold hardiness of several grapevine cultivars under climatic condition of Eastern Canada.

Projet grappe scientifique Agriculture Agroalimentaire Canada (2018-2023)

Chercheur principal : Dr Caroline Provost, CRAM

Collaborateurs : Alexander Campbell, MSc-CRAM. Dr Jim Willwerth-Brock University, Larbi Zerouala-MAPAQ, Évelyne Barriault-MAPAQ, Conseil des vins du Québec

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer la connaissance de la physiologie de la vigne liée à la résistance au froid des cultivars hybrides (rustiques et semi-rustiques) et *Vitis vinifera* dans les conditions de l'est du Canada afin de soutenir le développement de l'industrie vinicole.

Les objectifs spécifiques comprennent :

1. Mise en place d'un système de suivi pour l'acquisition périodique de données sur la résistance des bourgeons (LTE 10, 50, 90) afin de comprendre la physiologie de la vigne

- liée à la résistance au froid et d'aider les producteurs à optimiser l'utilisation des méthodes de protection contre le gel;
2. Mise au point de modèles liés à la physiologie de la vigne de plusieurs cépages dans les conditions climatiques de l'est du Canada.

Paramètres évalués

En collaboration avec Cool Climate Oenology and Viticulture Institute (Université de Brock, CCOVI), le Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel a fait l'acquisition d'un système de surveillance de la résistance au gel des bourgeons afin de suivre plusieurs cépages dans les conditions du Québec. Un système d'analyse thermique différentielle (DTA) a été élaboré pour évaluer la résistance au froid.

Depuis le début décembre 2019, la surveillance de la résistance au froid des bourgeons a débuté et sera poursuivie jusqu'au printemps 2020. La collecte de données sera réalisée pour 3 hivers consécutifs.

Deux volets sont en cours, soit évaluer la résistance des bourgeons pour deux catégories de vigne:

1. les hybrides résistants au froid sont suivis pendant toute la saison de dormance; et
2. les hybrides semi-rustiques (protégés par des toiles) et *V. vinifera* seront suivis à partir du début du printemps (suite au retrait des toiles).

Pour la saison 2019-2020, le suivi est effectué dans 12 vignobles situés dans les quatre grandes régions productrices de raisin, soit la Montérégie, l'Estrie, Lanaudière, et les Laurentides; la région de la Capitale Nationale sera ajoutée pour les années suivantes. Cinq cépages rustiques ont été retenus : Frontenac, Frontenac blanc, Marquette, St-Pépin et Petite Perle. Les cépages semi-rustiques et *V. vinifera* seront Vidal, Pinot noir et Chardonnay. Les données sont collectées toutes les deux semaines durant la période hivernale puis à toutes les semaines au printemps.

Ce projet permettra de comprendre la physiologie de la vigne en relation avec la tolérance aux différents gels afin de proposer des adaptations ou de nouvelles technologies pouvant être utilisées pour soutenir les producteurs et favoriser l'augmentation des rendements ainsi que la qualité des fruits.



Tableau VIII : répartition des sites pour les deux projets des toiles géotextiles menés par le CRAM en collaboration avec le CVQ.

Ville et Région administrative	Vignobles participants		Types de toile et les moments d'installation <i>(nombre de plants par cépage)</i>				Hauteur du fil fruitier <i>(nombre de plants par cépage)</i>			
	Toiles (types et moments)	Hauteur fil fruitier	Total	Vidal	Pinot	Chardonnay	Total	Vidal	Pinot	Chardonnay
	--	--	1360	720	160	480	540	240	120	180
Varennnes, Montérégie	X		560	240	80	240	--	--	--	--
St-Théodore d'Acton, Montérégie	X	X	240	240	--	--	60	60	--	--
St-Jacques-le-Mineur, Montérégie	X	X	240	--	--	240	180	60	60	60
St-Louis, Montérégie	X		80	80	--	--	--	--	--	--
Île d'Orléans, Capitale Nationale	X		80	--	80	--	--	--	--	--
Île d'Orléans, Capitale Nationale	X		80	80	--	--	--	--	--	--
St-Paul d'Abbotsford, Montérégie	X		80	80	--	--	--	--	--	--
Dunham, Montérégie		X	--	--	--	--	120	60	--	60
Lac Brome, Montérégie		X	--	--	--	--	60	--	60	--
Rougemont, Montérégie		X	--	--	--	--	60	--	--	60
Oka, Laurentides		X	--	--	--	--	60	60	--	--
Oka, Laurentides		X	--	--	--	--	60	--	60	--

En vert: "Moment" seulement

En bleu: "Type" seulement

En noir: "Type" de toile et "moment"

Conclusion

Le potentiel de la culture du raisin au Québec n'est plus à faire. Toutefois, la protection contre le froid demeure un enjeu majeur pour la productivité de plusieurs cépages. La sélection d'un site approprié et de cépages adaptés est parmi les facteurs de réussite de la production. Plus de connaissances sont cependant nécessaires sur les conditions optimales qui garantissent la protection hivernale des vignes sous nos conditions. Les données recueillies par le CRAM, sur plusieurs cépages pendant plusieurs années au vignoble d'Oka, sont une source de référence importante pour la sélection de cépages par les vignerons. Il serait souhaitable d'accroître le nombre de sites de références dans différentes régions du Québec et d'inclure des cépages de l'espèce *Vitis vinifera*, afin de réduire les risques économiques associés au choix de cépages par les vignerons.

References

- Andrews, P. K., Proebsting, E. L., et Campbell, G. S.. 1983. An exotherm sensor for measuring the cold hardiness of deep-supercooled flower buds by differential thermal analysis [Sweet cherry, freezing injury of the primordia]. HortScience (USA).
- Avenard, J.C, L. Bernos, O. Grand et B. Samir. 2003. Manuel de production intégrée en viticulture. Éditions Féret. 222p.
- Barriault, E. 2017. Guide des bonnes pratiques en viticulture. CRAAQ. 122 p.
- Bordelon, B.P., D.C. Ferree et T.J. Zabadal. 1997. Grape bud survival in the Mid-west following the winter of 1993-1994. Fruit Varieties Journal 51 : 53-59.
- Carisse, O., Lefebvre, A. 2011. Evaluation of Northern Grape Hybrid Cultivars for Their Susceptibility to Anthracnose Caused by *Elsinoe ampelina*. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2011-0805-01-RS.
- Conseil des vins du Québec. 2018. Développement stratégique 2018-2023. Présenté lors de l'AGA du CVQ le 27 mars 2018, Boucherville.
- Dami, I., Bordelon, B., Ferree, D.C., Brown, M., Ellis, M.A., Williams, R.N., Doohan, D., 2005. Midwest grape production guide. Bulletin 919. Ohio State University Extension. 156 p.
- Dami, I. E., Li, S., et Zhang, Y. 2016. Evaluation of Primary Bud Freezing Tolerance of Twenty-three Winegrape Cultivars New to Eastern US. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev-2015.
- Dubé, G. et I. Turcotte. 2011. Guide d'identification des cépages cultivés en climat froid. Richard Grenier Éditeur. 216 p.
- Fennell, A.. 2004. Freezing tolerance and injury in grapevines. *Journal of Crop Improvement*, 10(1-2), 201-235.
- Ferguson, J. C., Tarara, J. M., Mills, L. J., Grove, G. G., et Keller, M. 2011. Dynamic thermal time model of cold hardiness for dormant grapevine buds. *Annals of botany*, 107(3), 389-396.
- Fuleki, T. 1982. The Vineland grape flavor index-a new objective method for the accelerated screening of grape seedling on the basis of flavor character. *Vitis* 21:111-120.
- Gagné, F. 2013. Analyse comparative de cinq dispositifs de protection hivernale dans la vigne semi-rustique. Rapport MAPAQ, 31p.
- Grant, T. N., Gargrave, J., et Dami, I. E.. 2013. Morphological, physiological, and biochemical changes in *Vitis* genotypes in response to photoperiod regimes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64: 466-475.
- Grant, T. N., et Dami, I. E.. 2015. Physiological and biochemical seasonal changes in *Vitis* genotypes with contrasting freezing tolerance. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66: 195-203.
- Gusta, L. V., Trischuk, R., et Weiser, C. J. 2005. Plant cold acclimation: the role of abscisic acid. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(4), 308-318.
- Hemstad, P.R. et J.J. Luby. 2000. Utilization of *Vitis riparia* for the development of new wine varieties with resistance to disease and extreme cold. Proceeding of the Seventh International

Symposium on Grapevine Genetics and Breeding. Eds. A. Bouquet et J.M. Boursicot. *Acta Horticulturae* 528: 487-490.

Howell, G. S.. 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(3), 165-174.

Howell, G. S., et Shaulis, N. 1980. Factors influencing within-vine variation in the cold resistance of cane and primary bud tissues. *American Journal of Enology and Viticulture*, 31(2), 158-161.

Jolivet, Y et J.M.M. Dubois. 2000. Évaluation de l'efficacité du buttage de la vigne comme méthode de protection contre le froid hivernal au Québec. *Journal International des Sciences de la vigne et du vin* 34 : 83-92.

Keller, M. 2015. *The science of grapevines: anatomy and physiology*. Academic Press.

Khanizadeh, S., Rekika, D., Levasseur, A., Groleau, Y., Richer, C., et Fisher, H. 2004. Growing grapes in a cold climate with winter temperature below -25 C. *Acta Hort*, 663, 931-936.

Khanizadeh, S., Rekika, D., Levasseur, A., Groleau, Y., Richer, C., et Fisher, H. 2005. The Effects of Different Cultural and Environmental Factors on Grapevine Growth, Winter Hardiness and Performance, in Three Locations, in Canada. *Small Fruits Review*, 4(3), 3-28.

Khanizadeh, S., Rekika, D., Porgès, L., Levasseur, A., Groleau, Y., et Fisher, H. 2008. Soluble Solids, Acidity, Canopy Fruit Distribution, and Disease Susceptibility of Selected Grape Cultivars in Quebec. *International Journal of Fruit Science*, 8(3), 200-215.

Lasnier, J., R. Lauzier et M. Trudeau. 2002. La viticulture au Québec : perspectives économiques sur la production de raisins. Dans : Vincent, C., J. Lasnier et N. J. Bostanian (eds.). *La viticulture au Québec*. Bulletin Technique, p.11-19.

Lisek, J., 2010. Yielding and healthiness of selected grape cultivars for processing in central Poland. *J. Fruit Ornamental Plant Res.*, 18, 265-272.

Londo, J. P., et Kovalski, A. P. 2017. Characterization of Wild North American Grapevine Cold Hardiness Using Differential Thermal Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev-2016.

Mills, L. J., Ferguson, J. C., et Keller, M. 2006. Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(2), 194-200.

Nelson, R.R., T.E. Acree, C.Y. Lee et R.M. Butts. 1977. Methyl anthranilate as an aroma constituent of American wine. *Journal of Food Science*. 42: 57-59.

Pierquet, P., C. Stushnoff et M.J. Burke. 1977. Low temperature exotherms in stem and bud tissues of *Vitis riparia* Michx. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102:54-55.

Plocher, T., Parke, B., 2008. *Northern Winework. Growing Grape and Making Wine in Cold Climates*, second edition. Northern Winework, pp. 213.

Poling, E.B.. 2008. Spring cold injury to winegrapes and protection strategies and methods. *HortScience* 43: 1652-1662.

Provost, Caroline, Stefano Campagnaro, Larbi Zerouala et Richard Bastien. 2011. Évaluation des caractéristiques techniques et des qualités vinicoles des cépages prometteurs de la vigne au Québec. Rapport final CDAQ # 6263, 2008-2011. 72 p.

- Provost, C., Bastien, R., d'Hauteville, J., 2013. Évaluation des Caractéristiques Œnologiques des Cépages Prometteurs du Québec. Final Report. Projet #6579. Programme Canadien d'Adaptation Agricole (PCAA). Centre de Recherche Agroalimentaire de Mirabel. pp. 75.
- Reish, B.I., R.M. Pool, D.V. Peterson, M.H. Martens et T. Henick-Kling. 1993. Wine and juice grape varieties for cool climates. Information Bulletin 233. Cornell Cooperative Extension Publication.
- Rekika, D., J. Cousineau, A. Levasseur, C. Richer, H. Fisher et S. Khanizadeh. 2005. The use of a freezing bud technique to determine the hardiness of 20 grapes genotypes. *Small Fruits Review* 4 (1) : 3-9.
- Reynier, A. 2012. Manuel de viticulture. 11e édition. Lavoisier Edition. 592 p.
- Reynolds, A.G. (Ed.), 2015. Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry. 1 st Edition. Elsevier, Cambridge, UK, p. 466.
- Rousseau, J., Chanfreau, S., Bontemps, É., 2013. Les cépages résistants aux maladies cryptogamiques. Groupe ICV. Bordeaux. 228 pp
- Schnabel, B. J., et Wample, R. L. 1987. Dormancy and cold hardiness in *Vitis vinifera* L. cv. White Riesling as influenced by photoperiod and temperature. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(4), 265-272.
- Sivčev, B. V., Sivčev, I. L., Ranković-Vasić, Z. Z., 2010. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. *J. Agric. Sci.*, 55, 195–215.
- Snyder, R.L. et J.P. Melo-Abreu. 2005. Frost Protection : fundamentals, practice and economics, volume 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Statistique Canada. 2006. From the vine to the glass: Canada's grape and wine industry. ISSN : 174707-0503. 11 p.
- Tuchschmid, A., Vonesch, G., Wins, T., 2006. Évaluation agronomique de cépages résistants aux maladies fongiques à Wädenswil, pour l'année 2005, Proceeding of the Congrès de viticulture biologique, Olten, Germany, March 8th 2006.
- Wample, R. L., Reisenauer, G., Bary, A., et Schuetze, F. 1990. Microcomputer-controlled freezing, data acquisition and analysis system for cold hardiness evaluation. *HortScience*, 25(8), 973-976.
- Willwerth, J. 2013. Getting through the winter: updates on freeze protection and cold hardiness research. CCOVI Lecture Series, April 10, 2013.
- Willwerth, J, Ker, K., & Inglis, D.. 2014. Best Management practices for reducing winter injury in grapevines. CCOVI. Brock University. 79p.
- Wolf, T.K.. 2008. Wine grape production guide for eastern North America. Plant and Life Sciences Publishing, New York, 336p.
- Wolf, T. K., et Cook, M. K. 1992. Seasonal deacclimation patterns of three grape cultivars at constant, warm temperature. *American journal of enology and viticulture*, 43(2), 171-179.
- Wolpert, J. A., et Howell, G. S. 1985. Cold acclimation of Concord grapevines. I. Variation in cold hardiness within the canopy. *American journal of enology and viticulture*, 36(3), 185-188.
- Zabadal, T. J., Dami, I. E., Goffinet, M. C., Martinson, T. E., et Chien, M. L. 2007. Winter injury to grapevines and methods of protection. *Extension Bulletin E*, 2030, 106.