

# **Effet de différents facteurs cultureux et environnementaux sur la croissance, la rusticité et le rendement des vignes, dans trois localités.**

**Shahrokh Khanizadeh<sup>1</sup>, Djamila Rekika<sup>1</sup>, Audrey Levasseur<sup>1</sup>, Yvon Groleau<sup>1</sup>, Claude Richer<sup>1</sup> et Helen Fisher<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en horticulture, 430 boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) Canada J3B 3E6.

<sup>2</sup> University of Guelph, Dept. of Plant Agriculture, 4890 Victoria Ave North, P.O. BOX 7000, Vineland Station (Ontario) Canada LOR 2E0.

## **RÉSUMÉ**

Vingt génotypes de vigne d'origine hybride diverse ('Chancellor', 'Delisle', 'ES-6-12-28', 'ES-4-7-25', 'GR7', 'Hibernal', 'Sabrevois', 'Kay Gray', 'Lucie Kuhlmann', 'Michurinetz', 'Okanagan Riesling', 'Prairie Star', 'St. Croix', 'St. Pepin', 'Seyval noir', 'Seyval blanc', 'SV-18.307', 'Vanda-Cliche' et 'Vidal blanc') et un génotype de *vinifera* ('Siegerrebe') ont été évalués en fonction de quatre méthodes de protection hivernale [vignes sans protection (M1); la moitié des sarments sont fixés au sol afin de permettre une couverture naturelle par la neige et les autres sarments demeurent attachés aux treillis métalliques, sans protection (M2); les vignes sont enlevées du treillis, déposées au sol et couvertes d'une toile géotextile (M3) ou de terre (M4)], dans trois localités du Québec (Canada) différant par leur type de sol et leurs conditions microclimatiques. Les effets de ces méthodes sur la production annuelle, la résistance à l'hiver et la croissance végétative ont été mesurés.

Le rendement de tous les génotypes a été plus élevé à Frelighsburg que dans les deux vignobles commerciaux : 3 fois plus élevé qu'à L'Orpailleur (Dunham) et 4 fois plus élevé qu'à Dietrich-

Jooss (Iberville). Avec les systèmes de protection M1 et M2, les rendements les plus élevés ont été obtenus avec les génotypes 'Vandal-Cliche' et 'St. Croix', suivis de 'ES-4-7-25' et 'St. Pepin'. La méthode de protection M3, décrite précédemment, s'est révélée la plus efficace pour les génotypes sensibles et semi-rustiques. Avec ce type de protection, le rendement moyen des génotypes sensibles est demeuré plus élevé (19 kg) que celui des génotypes rustiques (13,1 kg) et semi-rustiques (13,3 kg) soumis au même traitement. Le rendement des génotypes 'Seyval noir', 'Seyval blanc', 'Chancellor', 'Vandal-Cliche' et 'ES-4-7-25' soumis au traitement M3 a dépassé les 20 kg. La méthode de protection M4 n'a pas été efficace pour le 'Seyval blanc', car elle entraînait un rendement et une vigueur moindres ainsi qu'une mortalité accrue.

À Frelighsburg, on a observé des taux de survie plus élevés chez les génotypes rustiques tels que 'Sabrevois', 'St. Croix', 'Kay Gray', 'Vandal-Cliche', 'St. Pepin' et 'Michurinetz' avec tous les types de protection. Dans les vignobles commerciaux, on a observé une mortalité supérieure à 50 % chez les génotypes semi-rustiques 'ES-6-12-28', 'GR7' et 'Lucie Kuhlman' et une mortalité encore plus élevée chez les génotypes sensibles 'Siegerrebe', 'Vidal blanc' et 'SV-18-307'.

La vigueur maximale a été observée chez les cultivars rustiques et modérément rustiques; les cultivars sensibles ont été moins vigoureux, dans les trois localités et au cours des deux années de l'étude.

La localité est le facteur qui a le plus influé sur le rendement et la mortalité. La meilleure performance a été observée à Frelighsburg, sans doute en raison de la pente légère orientée vers le sud, du sol sablonneux très bien drainé et de l'excellente couverture de neige à cet endroit.

**Mots clés.** *Vitis* sp., rusticité, protection contre le froid, rendement des vignes, composition du jus.

## INTRODUCTION

Les basses températures hivernales constituent le principal facteur environnemental limitant la productivité des vignobles au Québec (Dubois et Deshaies, 1997). La plupart des vignobles commerciaux du Québec sont situés entre les 45<sup>e</sup> et 47<sup>e</sup> degrés de latitude nord, où les températures hivernales minimales atteignent régulièrement les -30 °C, parfois même les -35 à -45 °C (Jolivet *et al.*, 1999). Dans de telles conditions extrêmes, les dommages causés par le froid surviennent non seulement au milieu de l'hiver, mais aussi vers la fin de l'automne, avant que les vignes ne soient complètement acclimatées, ou tard au printemps, lorsque la sève s'est remise à circuler. Les gelées d'automne peuvent causer une défoliation prématurée, limiter le cycle végétatif normal et rendre la récolte difficile (Galet, 1993). D'importantes pertes de rendement ont également été attribuées aux gelées printanières tardives qui peuvent, aux températures de -2 °C à -4 °C (Dereudre *et al.*, 1993), causer des dommages irréversibles aux bourgeons primaires et secondaires. Ces contraintes obligent les viticulteurs à utiliser des cultivars à cycle court, adaptés au froid et dont la composition des fruits et le rendement sont acceptables pour la production commerciale.

La tolérance au froid de nombreuses espèces végétales a été abondamment examinée et étudiée (Weiser, 1970; Stergio et Howell, 1977; Levitt, 1980; Fowler *et al.*, 1981; Gusta *et al.*, 1982; Sakai et Larcher, 1987; Khanizadeh *et al.*, 1989a; Khanizadeh *et al.*, 1989b; Khanizadeh *et al.*, 1992; Reisch *et al.*, 1993; Khanizadeh *et al.*, 1994; Rioux *et al.*, 2000; Richer et Rioux, 2001). Les dommages causés par l'hiver peuvent toucher toutes les parties de la vigne, tels les bourgeons, les sarments, les troncs et même les racines. Les différences dans la résistance au froid des divers génotypes de vigne, l'effet de l'emplacement sur l'acclimatation et la désacclimatation (Stergio et Howell, 1977), la survie des bourgeons à fruits (Clare *et al.*, 1974; Pierquet et Stushnoff, 1980; Wolf et Cook, 1994; Clark et Watson, 1998) et la productivité (Wolf et Warren, 2000; Wolf et Miller, 2001) ont été étudiés à fond. En outre, plusieurs programmes de

recherche actuellement en cours visent à améliorer la rusticité des vignes et la qualité du vin (Reisch *et al.*, 1993; Hemstad et Luby, 2000; Fisher et Jamieson, 2000; Gal, 2000) ou encore à adapter les techniques de manière à réduire au minimum les dommages causés par l'hiver, au moyen d'un emplacement approprié, de pratiques culturales adéquates (comme l'irrigation), de la modification du microclimat, de l'utilisation de porte-greffes et de l'application de produits chimiques pour accroître la rusticité (Ahmedullah, 1985; Frances *et al.*, 1974; Jolivet et Dubois, 2000; Stushnoff et Hamman, 2002).

Au fur et à mesure que l'hiver progresse et que les températures diminuent, on note des dommages au phloème, d'abord dans les sarments; le xylème peut être atteint par la suite, lors des hivers particulièrement froids (Paroschy, 1982). Plusieurs études ont montré que les tissus des bourgeons et des tiges de la vigne peuvent bénéficier d'un état de surfusion qui leur permet de tolérer les gelées (Pierquet et Stushnoff, 1980; Quamme, 1986). Chez les cultivars qui résistent normalement au froid, les cellules peuvent retirer une partie de l'eau interstitielle et modifier leurs structures moléculaires, ce qui évite la formation de cristaux de glace (Pierquet *et al.*, 1977; Audran *et al.*, 1993; Wolf et Cook, 1994).

Chez la vigne mature, le bourgeon dormant est habituellement considéré comme la partie la plus vulnérable au froid et subit souvent des dommages irréversibles même si les autres tissus de la plante survivent aux mêmes conditions (Ahmedullah, 1985; Quamme, 1986; Clark et Watson, 1998; Jolivet *et al.*, 1999). D'autres études ont montré que la survie hivernale des bourgeons et des pousses de vigne est associée au régime hydrique ayant cours de janvier à mars (Skorokhod, 1975). La résistance au gel s'accroît également avec l'importance de la rétention d'eau et notamment avec la capacité de maintenir l'eau sous forme liquide malgré des températures très basses (Pogosyan, 1975).

Des différences significatives dans la résistance au froid ont été observées parmi les espèces du genre *Vitis* et parmi les cultivars de chacune des espèces de ce genre. La tolérance au froid des

bourgeons de nombreux hybrides se situe entre -15 °C et -35 °C (Vandal, 1986; Galet, 1988), mais presque toutes les variétés de *Vitis vinifera* L. sont quelque peu endommagées lorsqu'elles sont exposées à des températures de -15 °C à -20 °C (Galet, 1993). Les hybrides rustiques issus du *Vitis riparia* Michx. ou du *Vitis amurensis* peuvent tolérer des températures de -35 ou -40 °C, respectivement, sans perdre leur capacité de produire des fruits de qualité convenable (Vandal, 1986; Ahmedullah, 1985).

Pour éviter les pertes annuelles imputables aux dommages hivernaux, une pratique viticole courante consiste à enfouir les vignes sous 20 à 50 cm de terre (buttage), tard à l'automne, la quantité de terre variant selon la couverture de neige (Skorokhod, 1975; Vandal, 1986; Dubois et Dehaies, 1997). Cette méthode est couramment utilisée dans les régions au climat froid, comme l'Europe continentale, le nord de la Chine, le Minnesota et le Québec. Cependant, l'efficacité du buttage des vignes varie considérablement. Skorokhod (1975) a constaté que la survie des bourgeons était meilleure lorsque les vignes étaient couvertes avec 40 cm de terre, et Prosttova (1977) a constaté que dans la région de Stavropol (en Russie) la survie des bourgeons primaires, chez les vignes non protégées était de seulement 6-15 % lors des hivers rudes. En Moldavie, Kondo *et al.* (1972) ont constaté qu'au cours d'un hiver normal, le buttage des vignes permettait de réduire les dommages causés par l'hiver aux cultivars sensibles au gel, mais augmentait les dommages causés aux variétés résistantes au gel. Cette pratique est très dispendieuse et nécessite beaucoup de temps, surtout au début du printemps, quand il faut enlever la terre ajoutée. De plus, le buttage cause des dommages aux sarments, accroît la probabilité de maladies des sarments, retarde le débourrement et accroît l'érosion du sol lorsqu'il n'y a aucune culture de couverture entre les rangs (Pierquet *et al.*, 1977; Vandal, 1986; Jolivet et Dubois, 2000).

Dans la présente étude, plusieurs techniques de protection hivernale ont été évaluées, dont certaines fondées sur l'utilisation de matériaux synthétiques. En Russie, Stetsenko (1978) a constaté que la survie à l'hiver était bonne et que les rendements pouvaient être accrus de 200 %,

même dans les régions les plus froides, lorsque l'on avait recours à des toiles de polyéthylène et à de la paille (1-3 kg), au lieu du buttage. Bordelon *et al.* (1997a) ont comparé l'utilisation d'un revêtement en polyéthylène à alvéoles fermées (PE) à celle d'une couverture de paille pour les vignes à Lafayette (Indiana, É.-U.); avec le PE, la survie des bourgeons primaires était de 80 à 92 % en moyenne, comparativement à 53 à 55 % avec la paille.

Lorsqu'ils ont étudié l'efficacité de deux matériaux pour couvrir et protéger les vignes contre les gelées printanières tardives au Québec, Jolivet *et al.* (1999) ont montré que les cônes de polystyrène sont meilleurs que la toile géotextile et permettent de maintenir la température moyenne des sarments à 1,7 °C de plus que la toile géotextile utilisée seule. De plus, au mois de mai, la température des sarments sous la toile géotextile était de 1,5 °C de moins que celle des sarments non protégés.

Comme la couverture de neige isole les vignes de l'air froid, elle permet également de réduire les dommages causés par le froid. Lavoie (1971) a montré que le rendement de bleuets cultivés était 1,2 fois plus élevé, par rapport aux témoins non protégés, lorsque la couverture de neige était de 15 cm, et 4,3 fois plus élevé lorsqu'elle atteignait 30 cm. Jolivet *et al.* (1998) ont constaté que la température au point de greffe d'une vigne 'Muscadet Melon' était de -1 °C sous 40 cm de neige par rapport à -26 °C lorsque la plante était exposée à l'air.

Ainsi, pour assurer une production annuelle stable dans les vignobles commerciaux du Québec et d'autres régions nordiques, il faut avoir recours à des cultivars résistants au froid et protéger les cultivars semi-rustiques et non rustiques au moyen de neige, de terre ou de toiles. Malgré le nombre croissant de vignobles au Québec, aucune évaluation n'a encore été faite des cultivars de vigne couramment utilisés au Québec, et aucune étude n'a été réalisée sur leurs réactions à différentes pratiques culturales.

La présente étude visait à : 1) évaluer la survie hivernale de 20 génotypes dignes d'intérêt pour l'industrie viticole de l'est du Canada et 2) déterminer les effets des facteurs environnementaux et des pratiques culturales sur la rusticité de la plante ainsi que sur la croissance des organes végétatifs et reproducteurs.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Matériel végétal et localités**

La présente étude a porté sur 20 génotypes de vigne non greffés, dont divers hybrides interspécifiques et un *Vitis vinifera* (tableau 1), plantés en 1998. Ces génotypes avaient déjà été classifiés comme rustiques, semi-rustiques ou sensibles (Reisch *et al.*, 1979; Odneal, 1983; Bordelon *et al.*, 1997b; Dubois et Deshaies, 1997; Plocher et Parke, 2001).

Trois localités différentes présentant des conditions de sol et de microclimat différentes ont été choisies : 1) La station de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Frelighsburg, au Québec (45° de latitude nord, 72° de longitude ouest, altitude de 205 m) où le sol, au pH de 6,0, est un loam sableux contenant des cailloux et du gravier. Le terrain est en pente, ce qui assure un excellent drainage de l'air froid, et comporte un brise-vent au sud. 2) Le vignoble commercial L'Orpailleur, situé à Dunham, au Québec (45° de latitude nord, 72° de longitude ouest, altitude de 125 m) où le sol est un podzol schisteux au pH naturel de 4,9-5,3 (augmenté à 6,2 dans les 15 premiers centimètres, à l'aide de chaux). Ce vignoble est situé sur un terrain plat entouré de boisés, ce qui favorise l'accumulation d'air froid. 3) Le vignoble commercial Dietrich-Jooss, situé à Iberville, au Québec (45° de latitude nord, 73° de longitude ouest, altitude de 43 m) avec un loam sableux pierreux, au pH de 6,6. Ce vignoble est également situé en terrain plat, mais il ne comporte aucun brise-vent.

## **Protocole expérimental et aménagement des parcelles**

Les trois essais ont été effectués selon un dispositif en parcelles subdivisées, en blocs aléatoires complets non équilibrés. Chaque grande parcelle correspondait à une méthode de protection hivernale, tandis que chaque sous-parcelle correspondait à un génotype. Il y avait quatre répétitions (blocs), et chacune comprenait 5 vignes espacées de 1,5 m sur le rang; les rangs étaient espacés de 3 m. Les trois vignes centrales de chaque répétition ont été utilisées pour la collecte des données, les autres servant de vignes de protection. Le système de soutien était constitué de quatre fils horizontaux fixés à des poteaux de cèdre de 1,8 m à des hauteurs de 45 cm, 80 cm, 125 cm et 175 cm. L'émondage a été fait en fonction des types de protection hivernale utilisés dans chaque vignoble. Les génotypes rustiques et semi-rustiques ont été fixés à un système de palissage « Mini-J-Style », tandis que les génotypes sensibles ont été fixés à un système de palissage en éventail. Les sarments de tous les génotypes ont été émondés, et toutes les vignes présentaient plusieurs troncs.

Les répétitions de génotypes étaient disposées de façon aléatoire pour chacune des quatre méthodes de protection hivernale. Les quatre méthodes de protection hivernale utilisées étaient les suivantes :

Méthode 1 (M1) : Les sarments ont été laissés fixés au treillis sans aucune protection hivernale. Seuls des génotypes rustiques et semi-rustiques ont subi ce traitement.

Méthode 2 (M2) : La moitié des sarments ont été fixés au sol, afin qu'ils soient couverts de neige pendant l'hiver. Les autres sarments ont été laissés fixés au treillis sans protection. Seuls des génotypes rustiques et semi-rustiques ont subi ce traitement.

Méthode 3 (M3) : Tous les sarments ont été enlevés du treillis, déposés au sol et couverts d'une toile géotextile (polyester, Arbotex Plast 0100 2,00 X 50 m, Canada). Cette méthode a été utilisée pour les génotypes rustiques, semi-rustiques et sensibles.



Méthode 4 (M4) : ‘Seyval blanc’, le géotype le plus commun au Québec, a été enfoui sous 0,35 m de terre prélevée entre les rangs.

Toutes les méthodes de protection hivernale ont été appliquées tard à l’automne, après que les vignes eurent aoûté et alors que les températures diurnes et nocturnes se situaient aux alentours de 0 °C, pour éviter l’étiolement des plantes et une croissance continue.

### **Mesure de la température**

Les mesures de température ont été effectuées au cours des hivers 1999-2000 et 2000-2001 dans les trois localités. Les données ont été notées toutes les six heures au moyen d’une sonde de température branchée à un capteur de température extérieure Hobo (H08-002-02, Onset Computer Corporation, Bourne, MA). Les capteurs de température étaient placés à différents endroits selon la méthode de protection utilisée.

Pour les 4 méthodes de protection, un capteur de température était fixé au 2<sup>e</sup> fil du treillis, soit à environ 80 cm du sol, et permettait de mesurer la température de l’air ambiant. Pour le traitement M2, une deuxième sonde a été fixée à un sarment à environ 5 cm au-dessus du sol; pour le traitement M3, une deuxième sonde a été fixée à un sarment, sous la toile géotextile, à environ 2,5 cm du sol; pour le traitement M4, une deuxième sonde a été fixée à un sarment, à 25-30 cm environ sous la surface de la butte.

### **Évaluations**

La rusticité a été évaluée avant l’émondage, au moment du débourrement, le printemps suivant. La mortalité a été évaluée à l’œil, au printemps, et notée en termes de pourcentage de nœuds sans pousses. La vigueur des vignes a été évaluée en termes de longueur et de densité des nouvelles pousses, mesurées au moyen de cotes au mois de juillet de chaque saison de croissance. Le rendement a été déterminé en termes de poids total des fruits des trois vignes centrales occupant

4,5 m de rang. Le poids des grappes et des grains a également été calculé, au moyen de 5 grappes et 50 grains de raisin prélevés au hasard sur chacune des trois vignes de chaque répétition, mais seulement à Frelighsburg. Un réfractomètre numérique (Abbe Mark II, Baxter Division, Canlab, Canada) a été utilisé pour mesurer la concentration des solides solubles (CSS). Pour déterminer l'acidité totale (AT), on a titré un échantillon de jus de 5 mL avec du NaOH 0,1 N à un pH de 8,1 (665 Dosimat, Metrohm Ltd., Suisse). La CSS et l'AT n'ont été mesurées qu'à Frelighsburg, et ce, uniquement pour le traitement M3. Les fruits ont été récoltés quand la composition du jus atteignait les valeurs voulues pour la vinification commerciale.

### **Analyse statistique**

Les données ont été analysées par la méthode SAS (SAS, 1989), au moyen d'un modèle en parcelles subdivisées, avec blocs complets aléatoires non équilibrés. Les tests de séparation et de comparaison des moyennes ont été faits au moyen de la p.p.d.s.

## **RÉSULTATS**

Les températures maximales et minimales moyennes enregistrées de novembre à avril au cours de la période d'essai sont présentées dans le tableau 2. Selon les températures enregistrées dans les trois localités, l'hiver 2000-2001 a été plus froid que l'hiver 1999-2000. Les températures maximales et minimales moyennes variaient selon les méthodes de protection hivernale utilisées. Au cours des hivers 1999-2000 et 2000-2001, on a noté des températures maximales moyennes plus élevées pour les méthodes M3 et M2 (dans l'ordre) que pour la méthode M4. Par contre, la température minimale moyenne la plus faible a été enregistrée avec la méthode M2 (tableau 2). Les températures hivernales minimales absolues ont, en général, été beaucoup plus basses que 0 °C et ont varié selon le type de protection hivernale et la localité. Comme l'indique le tableau 2,

le minimum le plus faible a été enregistré au vignoble L'Orpailleur, sur le deuxième fil métallique, avec la méthode M1 (-33,7 et -32,5 °C), au cours des deux périodes de l'étude.

En raison de l'important effectif de chacune des expériences et de la durée limitée de la période de récolte (risque de gel), il n'a pas été possible de recueillir des données concernant le poids des grains et des grappes pour les trois localités. Par conséquent, le poids des grains et des grappes n'a été mesuré qu'à Frelighsburg, pour les quatre méthodes de traitement et les 20 génotypes (tableau 4). En 2000, le rendement total des 20 génotypes a été évalué pour les trois localités, tandis qu'en 2001, il n'a été évalué que pour Frelighsburg et L'Orpailleur. Les résultats des deux vignobles commerciaux n'ont pas été comparés à ceux de Frelighsburg, puisque la qualité du sol et le microclimat sont complètement différents à cet endroit.

### **Frelighsburg :**

Pour un même traitement, on constate des différences significatives dans le rendement total ainsi que le poids des grains et des grappes selon les génotypes, et des différences significatives dans le poids des grappes et le rendement total selon les traitements. Les tableaux 3 et 4 montrent l'effet des différentes méthodes de protection hivernale sur le rendement total et les composantes du rendement de chaque génotype. En 2000 et en 2001, le rendement total de chacun des génotypes cultivés à Frelighsburg a été 3 et 4 fois plus élevé que celui observé dans les vignobles commerciaux L'Orpailleur et Dietrich-Jooss, respectivement. Parmi les génotypes chez lesquels on a observé les meilleurs rendements en 2000, on trouve le 'Vandal-Cliche' (30,4 kg avec la M1, 27,8 kg avec la M2 et 21,1 kg avec la M3) et le 'St. Croix' (17,4, 14,1 et 14,4 kg avec les M1, M2 et M3, respectivement). Le rendement le plus faible a été observé chez le 'Prairie Star' (5,4 kg avec la M1 et 3,9 kg avec la M2) suivi du 'SV-18-307' (0,4 kg avec la M3) et du 'Siegerrebe' (0,7 kg avec la M3).

Un des éléments intéressants des données de 2000 est que les génotypes semi-rustiques 'ES-6-12-28', 'GR-7' et 'Lucie Kuhlmann' ont donné de bien meilleurs rendements, sous couvert de neige ou toile géotextile, que certains génotypes rustiques qui ont connu une diminution du rendement total avec les M2 et M3 comparativement à la M1. En 2001, les rendements se répartissaient de manière différente. Avec la M1, le rendement a été plus élevé chez les génotypes 'Vandal-Cliche' (12,2 kg), 'ES-4-7-25' (12,1 kg), 'Sabrevois' (10,2 kg) et 'ES-6-12-28' (10,0 kg) que chez le 'Prairie Star' et le 'GR-7', qui ont donné un rendement de 3,6 kg. Le rendement total a été 2 fois plus élevé chez 'ES-4-7-25', 'Vandal-Cliche' et 'ES-6-12-28' et 3 fois plus élevé chez 'GR-7' et 'Lucie Kuhlmann' avec la M3, qu'avec la M1 (tableau 3). En outre, avec la M3, le rendement moyen des génotypes sensibles est demeuré plus élevé (19 kg) que celui des génotypes rustiques (13,1 kg) et semi-rustiques (13,3 kg). Ainsi, chez les génotypes 'Seyval noir', 'Seyval blanc', 'Chancellor', 'Vandal-Cliche' et 'ES-4-7-25', le rendement pouvait dépasser les 20 kg (tableau 3). Les génotypes dont les rendements ont été les plus faibles sont 'Delisle', 'Prairie Star' et 'Michurinetz'; ces rendements ont été de 9 kg ou moins. Tous les autres génotypes ont donné des rendements intermédiaires variant entre 10,7 et 18,8 kg (tableau 3).

En 2000, le Seyval blanc a donné le même rendement avec les méthodes M3 et M4 à Frelighsburg, tandis qu'il a produit deux fois moins avec la M4 qu'avec la M3 dans les vignobles de L'Orpailleur et Dietrich-Jooss.

Nous n'avons observé aucun effet significatif de la protection hivernale sur le poids des grains et des grappes; cependant, pour chaque méthode de protection, on a constaté des différences significatives entre les génotypes. Le poids des grains le plus élevé a été observé chez le génotype 'Kay Gray' au cours des deux saisons, tandis que les poids les plus faibles ont été observés chez les génotypes semi-rustiques 'GR-7' et 'Lucie Kuhlmann' (tableau 4). Les plus grosses grappes ont été observées chez le 'Seyval blanc' (> 240 g) avec les méthodes M3 et M4,

suivies de grappes de 200 g ou moins chez les ‘Seyval noir’, ‘SV-18-307’, ‘Vidal blanc’ et ‘Chancellor’ avec la méthode M3. Les géotypes rustiques ‘ES-4-7-25’, ‘St. Pepin’, ‘Vandal-Cliche’ et ‘St. Croix’ présentaient des grappes de grosseur moyenne (entre 100 et 150 g) avec les méthodes M1 et M2 (tableau 4). À l’inverse, les valeurs les plus faibles ont été constatées chez le géotype ‘Delisle’ (< 70 g) avec les trois méthodes au cours des deux années.

À Frelighsburg, les plus hauts taux de survie globale ont été observés chez les sélections manifestant déjà des taux élevés de résistance au froid, comme les géotypes ‘Sabrevois’, ‘St. Croix’ et ‘Kay Gray’ (mortalité ? 15 %), suivis des ‘Vandal-Cliche’, ‘St. Pepin’, ‘Michurinetz’ et ‘GR-7’ (entre 15 et 25 %), avec la méthode de protection M1 (tableau 5). ‘Siegerrebe’ et ‘Vidal blanc’ ont encore une fois été ceux qui ont subi le plus de dommages parmi les géotypes sensibles, avec des taux de mortalité ? 70 % (‘Siegerrebe’) et ? 60 % (‘Vidal blanc’), avec la méthode de protection M3.

La vigueur la plus grande a été observée chez les géotypes rustiques et semi-rustiques, tandis que les géotypes sensibles ont été les moins vigoureux.

Des différences significatives dans la composition du jus (CSS et AT) ont été observées parmi les géotypes pour chaque saison de croissance ( $P ? 0,001$ ). La CSS a varié de 15 à 20,4 °Brix en 2000 et de 13,0 à 20,5 °Brix en 2001, et l’acidité totale (AT) de 9,20 à 18,9 g/L en 2000 et de 5,9 à 16,1 g/L en 2001 (tableau 4). En 2000, les plus hautes CSS ont été observées chez les géotypes ‘GR-7’ (22,4 Brix) et ‘Michurinetz’ (20,4 °Brix), tandis que les géotypes ‘Kay Gray’ et ‘Vandal-Cliche’ ont présenté les CSS les plus faibles (15 °Brix). À l’instar des CSS, la plus haute valeur d’AT a été observée chez le géotype ‘Michurinetz’ (18,9 g/L), et les plus faibles, chez ‘ES-4-7-25’ (9,2 g/L) et ‘Delisle’ (9,9 g/L). En 2001, les hybrides américains ‘Prairie Star’ et ‘St. Pepin’ ont présenté des CSS plus élevées (20 et 20,5 °Brix, respectivement) que les géotypes ‘Hibernal’ (13,0 °Brix) et ‘Seyval noir’ (15,0 °Brix). C’est le géotype ‘Kay

Gray' qui a présenté l'AT la plus faible (5,9 g/L) suivi du 'Siegerrebe' (6,8 g/L); les valeurs d'AT les plus élevées ont été observées chez 'Michurinetz' (16,1 g/L) et 'Lucie Kuhlmann' (15,9 g/L).

### **Vignobles commerciaux :**

Dans l'ensemble, au vignoble commercial L'Orpailleur, presque tous les génotypes rustiques et sensibles ont donné un rendement total plus élevé avec la méthode M3 (toile géotextile) qu'avec la M2 (une moitié des sarments fixés au treillis et le reste, rabattus au sol et couverts de neige) ou la M1 (sans protection) (tableau 3). En 2000, avec la M1, 'Vandal-Cliche' a eu le meilleur rendement (7,2 kg), tandis que le rendement des autres génotypes a varié de 0,25 à 3,40 kg. Avec la M3, le rendement a varié de 0,18 à 7,47 kg, le génotype au rendement le plus faible étant 'Siegerrebe', et celui au rendement le plus élevé, 'ES-6-12-28'. En 2001, par contre, 'SV-18-307' et 'ES-4-7-25' ont eu les rendements les plus élevés (10 et 13 kg, dans l'ordre), et les rendements les plus faibles ont été observés chez 'Siegerrebe' (0,45 kg), 'Okanagan Riesling' (2,2 kg), 'Prairie Star' (2,4 kg) et 'Hibernal' (2,9 kg).

Au vignoble Dietrich-Jooss, seules les données concernant les rendements de l'année 2000 étaient disponibles. Avec la M3, les génotypes semi-rustiques 'GR-7' et 'Lucie Kuhlmann' et les génotypes sensibles 'Hibernal' et 'Seyval blanc' ont eu des rendements plus élevés que les génotypes 'Siegerrebe' et 'Prairie Star' (tableau 3). Il est intéressant de noter que la méthode M2 a été plus efficace au vignoble Dietrich-Jooss pour tous les génotypes rustiques et semi-rustiques, qui ont eu des rendements supérieurs à ceux obtenus avec les M1 et M3 (tableau 3).

La méthode M4 n'a pas été efficace pour le 'Seyval blanc', qui a donné de faibles rendements dans les deux vignobles commerciaux (? 3,5 kg); avec la M3, cependant, ses rendements ont été meilleurs (? 4,0 kg).

Nous avons constaté d'importantes variations dans la mortalité parmi les génotypes, dans chacune des localités. Au vignoble L'Orpailleur, la mortalité a été plus élevée (? 70 %) chez les

génotypes semi-rustiques ('ES-6-12-28', 'GR-7' et 'Lucie Kuhlmann') que chez les génotypes rustiques soumis au traitement M1. À cet endroit, on a également observé une mortalité plus élevée chez tous les génotypes sensibles soumis au traitement M3 (> 35 %). Comme prévu, les génotypes rustiques ont été relativement peu touchés, mais on note une mortalité plus faible avec le traitement M3 qu'avec les traitements M1 et M2.

Bien que les conditions locales de Frelighsburg soient différentes de celles des deux vignobles commerciaux, la vigueur la plus grande a encore une fois été observée chez les génotypes rustiques et semi-rustiques, tandis que les génotypes sensibles ont présenté des valeurs moindres pour ce caractère, dans les deux vignobles et au cours des deux années (tableau 6).

## **DISCUSSION**

Les 20 génotypes de vigne ont réagi différemment aux méthodes de protection hivernale de même qu'aux lieux d'essai. Le poids moyen des grains et des grappes n'a pas varié de manière significative en fonction de la protection hivernale, ce qui signifie que les rendements faibles s'expliqueraient par un nombre réduit de grappes et non par une réduction de la taille des grains (données non présentées). En ce qui concerne le rendement total, les génotypes 'Sabrevois', 'Prairie Star', 'Delisle', 'Michurinetz', 'St. Croix' et 'St. Pepin' semblent relativement indifférents à la méthode de protection hivernale utilisée, leur rendement total s'étant révélé plus ou moins stable, ce qui illustre leur potentiel génétique pour les régions froides telles que celles des lieux d'essai. Cependant, à Frelighsburg, les génotypes semi-rustiques ont produit beaucoup plus quand ils avaient été couverts de neige (M2) ou d'une toile géotextile (M3) que certains génotypes rustiques, qui ont eu, avec ces mêmes protections, des rendements moindres qu'avec le traitement M1; Kondo *et al.* (1972), avaient d'ailleurs obtenu des résultats semblables. Dans un vignoble de Sherbrooke, au Québec, Jolivet *et al.* (1998) ont observé une différence de 20 °C entre la température d'une vigne couverte de neige et celle de l'air ambiant.

Dans la présente étude, les rendements totaux obtenus à Frelighsburg étaient de beaucoup supérieurs à ceux obtenus dans les deux vignobles commerciaux. Outre la méthode de protection hivernale, le lieu d'essai a été le facteur le plus important à influencer sur la mortalité et le rendement total des vignes. D'après Sayed (1992), le choix du terrain demeure le facteur le plus important lorsqu'on veut réduire au minimum l'effet du climat et maximiser les effets modérateurs ou microclimatiques. Des observations semblables concernant la mortalité du pommier dans trois localités du Québec ont déjà été signalées (Khanizadeh *et al.*, 1989b; Khanizadeh *et al.*, 1992). Les vignobles L'Orpailleur et Dietrich-Jooss sont caractérisés par des terrains bas et plats, avec de faibles accumulations de neige. À Frelighsburg, le terrain est plus élevé, et les vignes sont plantées sur une pente légère orientée vers le sud, ce qui permet un bon drainage de l'air froid. De plus, un brise-vent situé à proximité permet de réduire l'effet des vents froids pendant l'hiver et d'accroître ainsi la chaleur procurée par l'orientation sud.

Parmi les quatre méthodes de protection hivernale étudiées (M1, M2, M3 et M4), la méthode M3 s'est avérée la plus efficace pour presque tous les géotypes sensibles au cours des deux années, et plus encore à Frelighsburg qu'aux vignobles L'Orpailleur et Dietrich-Jooss. Le rendement total de ces géotypes sensibles ('Chancellor', 'Seyval blanc', 'Seyval noir' et 'SV-18-307') a été supérieur à celui de certains géotypes rustiques protégés ou non pendant l'hiver. Bien que le 'ES-4-7-25' soit classifié comme rustique, son rendement total avec la méthode de protection M3 a été supérieur à celui de 'Prairie Star' ou de 'Michurinetz'. Étonnamment, dans les deux vignobles commerciaux, la méthode M4 (buttage) n'a pas donné de bons résultats avec le 'Seyval blanc', et le rendement de ce cultivar a été plus faible avec le traitement M4 qu'avec le traitement M3. Les piètres résultats obtenus ici pourraient s'expliquer par les températures froides enregistrées sous la terre et sans doute par d'autres problèmes liés au buttage (pourriture, champignons et humidité). Toutefois, Stetsenko (1978) a signalé qu'une couverture constituée de toiles de polyéthylène et de paille améliore la survie pendant l'hiver, même dans les zones les



plus froides, et que les vignes ainsi protégées peuvent donner des rendements de 200 % supérieurs à ceux des vignes recouvertes de terre.

Le taux de mortalité a été plus élevé dans les vignobles commerciaux qu'à Frelighsburg pendant les deux hivers. De plus, les génotypes rustiques tels que 'Sabrevois', 'St. Croix', 'Kay Gray', 'Vandal-Cliche', 'St. Pepin', 'Michurinetz' et 'GR-7' ont été peu touchés par les hivers froids, puisque le taux de survie des bourgeons primaires est demeuré élevé (taux de mortalité entre 15 et 25 %).

Des résultats antérieurs fondés sur des épreuves au froid faites en laboratoire (Rekika *et al.*, 2003) corroborent jusqu'à un certain point nos observations. Les résultats que nous avons obtenus lors d'épreuves de congélation contrôlée, avec les 20 mêmes génotypes, montrent que les hybrides tels 'Sabrevois', 'Prairie Star', 'St. Pepin', 'St. Croix' et 'Kay Gray', provenant d'espèces américaines rustiques, et le 'Michurinetz', ayant parmi ses ancêtres le *V. amurensis*, ont été les plus rustiques, car chez ces cultivars un plus grand nombre de bourgeons primaires ont survécu à -30 °C. Les hybrides franco-américains ont été moins rustiques, puisqu'ils proviennent de croisements avec le *V. vinifera*, et le génotype 'Siegerrebe' (un *V. vinifera*) s'est avéré le plus sensible (Rekika *et al.*, 2003). Hemstad et Luby (2000) ont évalué 15 génotypes quant à leur rusticité au Minnesota, après que les vignes eurent été exposées à une température de -38 °C, et ils ont constaté que les génotypes 'St. Croix', 'Kay Gray' et 'Michurinetz' étaient parmi les plus rustiques, tandis que le 'St. Pepin' était le moins rustique. Bordelon *et al.* (1997b) ont aussi évalué le taux de survie des bourgeons primaires après que les vignes eurent été soumises à des températures de -32 °C, en janvier 1994, dans deux localités d'Indiana et six localités d'Ohio. Ces auteurs considèrent le 'St. Pepin' comme très rustique, le 'Chancellor' comme modérément rustique et le 'Vidal blanc' comme le plus sensible. Cependant, de grandes différences ont été observées chez un même génotype cultivé dans des endroits différents. Encore une fois, nos observations concordent étroitement avec les données déjà publiées selon lesquelles les

différences dans les taux de survie des bourgeons chez un même cultivar pourraient s'expliquer par les conditions prédisposant les vignes à une bonne acclimatation ou à une vulnérabilité aux dommages causés par le froid (emplacement et orientation, santé de la vigne, drainage et fertilité du sol, et surtout charge de fruits) et par les conditions climatiques précédant l'épisode de froid destructeur et le moment auquel survient cet épisode, qui prédisposent également les vignes à une bonne acclimatation ou à une vulnérabilité aux lésions causées par le froid.

En ce qui concerne la composition du jus de fruit, certains génotypes ont produit des fruits de bonne qualité avec une CSS et une AT bien équilibrées pour la vinification, à savoir 'Prairie Star', 'GR-7', 'Delisle', 'ES-6-12-28', 'Vandal-Cliche', 'Kay Gray', 'Okanagan Riesling' et 'SV-18-307'. Chez les autres génotypes, la CSS était moins élevée, et l'AT plus élevée, par rapport aux données déjà publiées (Wolf et Warren, 2000; Kaps et Odneal, 2001; Plocher et Parke, 2001; Reisch et Luce, 2002), à cause de la durée restreinte de la saison de croissance et de la récolte prématurée faite pour éviter les dommages causés par les oiseaux. En fait, certains génotypes n'ont pas complètement atteint les CSS et AT souhaitées, en raison de la saison écourtée. Selon Spayd *et al.* (1989), pour le *V. vinifera* et les hybrides franco-américains, le fruit doit être récolté entre 19 et 21 °Brix pour le vin blanc, et entre 20 et 24 °Brix pour le vin rouge. Ces critères sont semblables dans le cas des hybrides américains. Autrement dit, les concentrations absolues de sucre et d'acide qui déterminent la maturité varient selon les génotypes, et le fait que ces concentrations soient atteintes n'est pas toujours directement relié à la saveur recherchée chez un cultivar donné (Howell *et al.*, 1998; Plocher et Parke, 2001). Dans le cas du 'Seyval blanc', par exemple, la teneur en sucre de 19 °Brix n'est pas suffisante pour assurer le développement complet de la saveur caractéristique de ce génotype. À l'inverse, les génotypes tels que 'Kay Gray' et 'Vandal-Cliche' produisent d'excellents vins lorsque leur fruit est récolté avec une faible teneur en sucre, car leur fruit entièrement mûr présente une saveur indésirable (Plocher et Parke, 2001).

En résumé, le choix d'un terrain approprié avec une pente adéquate, le bon drainage du sol et la présence de brise-vents ont augmenté le rendement, réduit la mortalité et accru la vigueur et la productivité des vignes. L'installation d'une toile géotextile comme protection hivernale s'est révélée plus rapide que le buttage des vignes. Ce matériel est cher, certes, mais il peut être réutilisé pendant plusieurs années. L'utilisation de toiles géotextiles et le rabattage des vignes près du sol ont également permis d'augmenter le rendement et de réduire la mortalité.

## Références

- Ahmedullah, M. 1985. An analysis of winter injury to grapevines as a result of two severe winters in Washington. *Fruit Varieties Journal* 39 (4): 29-34.
- Audran, J.C., Leddet, C., Dereudre, J., Ait Barka, E. et O. Brun. 1993. Réponse de la vigne (*Vitis vinifera* L.) aux températures inférieures à 0 °C. I. Effets d'un refroidissement contrôlé sur les sarments aoûtés. *Agronomie* 13 (6): 491-498.
- Bordelon, B.P., Henick-Kling, T., Wolf, T.E., and E.M. Harkness. 1997a. Winter protection of cold-tender grapevines with insulating materials. *Proceeding of the fourth International Symposium on cold climate viticulture & enology, Rochester, New York, USA, 16-20 July 1996*. I:32-35.
- Bordelon, B.P., Ferree, D.C., and T.J. Zabadal. 1997b. Grape bud survival in the Midwest following the winter of 1993-1994. *Fruit Varieties Journal* 51 (1): 53-59.
- Clark, J.R., and P. Watson. 1998. Evaluation of dormant primary bud hardiness of Muscadine grape cultivars. *Fruit Varieties Journal* 52 (1): 47-50.
- Clore, W.J., Wallace, M.A., and R.D. Fay. 1974. Bud survival of grape varieties at sub-zero temperature in Washington. *Amer. J. Enol. Vitic.* 25 (1): 24-29.

- Dubois, J.M.M. et L. Deshaies. 1997. Guide des vignobles du Québec. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 297 p.
- Dereudre, J., Audran, J.C., Leddet, C., Ait Barka, E. et O. Brun. 1993. Réponse de la vigne (*Vitis vinifera* L.) aux températures inférieures à 0 °C. III : Effets d'un refroidissement contrôlé sur des bourgeons en cours de débourrement. *Agronomie* 13 (6) : 509-514.
- Fisher, K.H., and A.R. Jamieson. 2000. L'Acadie, a cold hardy, white wine grape cultivar for low heat unit regions. *Proceeding of the Seventh International Symposium on Grapevine Genetics and Breeding*. A. Bouquet and J.-M. Boursiquot (eds.). *Acta horticulturae* 528 (2): 563-567.
- Fowler, D.B., Gusta, L.V., and N.J. Tyler. 1981. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. *Crop Sci.* 21:896-901.
- Frances, V., Chinchetru, G., and P. Esteran. 1974. The use of morphactins for the control of spring frosts in viticulture. *Bulletin de l'O.I.V.* 47: 758-764.
- Gal, L. 2000. Wine quality of new fungus disease resistance grapevine varieties. *Proceeding of the Seventh International Symposium on Grapevine Genetics and Breeding*. A. Bouquet and J.-M. Boursiquot (eds.). *Acta horticulturae* 528 (2): 559-562.
- Galet, P. 1988. Précis de viticulture. 4<sup>e</sup> éd., Déhan, Montpellier, 586 p.
- Galet, P. 1993. Précis de viticulture. 6<sup>e</sup> éd., Déhan, Montpellier, 575 p.
- Gusta, A.L., Fowler, D.B., and N. J. Tyler. 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat *in* Plant cold hardiness and freezing stress (P.H. Li & A. Sakai, eds.), pp. 23-40. Academic Press, New York, NY.
- Hemstad, P.R., and 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*. A. Bouquet and J.-M. Boursiquot (eds.). *Acta horticulturae* 528 (2): 487-490.

- Howell, G.S., Miller, D.P., and T.J. Zabadal. 1998. Wine grape varieties for Michigan. MSU Extension Fruit Bulletins. <http://www.msue.msu.edu/msue/imp/modfr/26439701.html>.
- Jolivet, Y., Dubois, J.M.M. et H. Granberg. 1998. Évaluation du régime thermique du cépage *Vitis vinifera* L. var. Melon durant la saison froide au Québec. J. Int. Sci. Vigne Vin 32 (2): 51-58.
- Jolivet, Y., Dubois, J.M.M. et H. Granberg. 1999. Évaluation de l'efficacité du cône de polyester et de la toile géotextile comme méthodes de protection de la vigne contre les gels tardifs printaniers au Québec pour les petites exploitations et les pépinières. J. Int. Sci. Vigne Vin 33 (3): 99-104.
- 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. J. Int. Sci. Vigne Vin 34 (3): 83-92.
- Kaps, M., and M.B. Odneal. 2001. Grape cultivar performance in the Missouri Ozark region. J. Amer. Pom. Soc. 55 (1): 34-44.
- Khanizadeh, S., Buszard, D., and C.G. Zarkadas. 1989a. Effect of crop load on seasonal variation in chemical composition and spring frost hardiness of apple flower buds. Can. J. Plant Sci. 69: 1277-1284.
- Khanizadeh, S., Buszard, D., and C.G. Zarkadas. 1989b. Seasonal variation of protein and amino acids in apple flower buds (*Malus pumila* Mill. cv. McIntosh/M7). Journal of Agricultural and Food Chemistry 37:1246-1252.
- Khanizadeh, S., Buszard, D., and C.G. Zarkadas. 1992. Effect of crop load on hardiness, protein and amino acid content of apple flower buds at several stages of development. J. Plant Nutrition 15(11): 2441-2455.

- Khanizadeh, S., Buszard, D., and C.G. Zarkadas. 1994. Seasonal variation of hydrophilic, hydrophobic, and charged amino acids in developing apple flower buds. *Journal of Plant Nutrition* 17(11):2025-2030.
- Kondo, I.N., Pudricova, L.P., and S. Ya Ginzburg. 1972. A study on the frost resistance of grape varieties in the conditions of Moldavia. *Plant Breeding Abstracts* 45: 386.
- Lavoie, V. 1971. Importance de la couverture de neige. *In La recherche sur le Bleuët*. Université Laval, rapport de travail 1970-1971 : 154-156.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. 2<sup>nd</sup> edition, Volume I. Chilling, freezing, and high temperature stresses. Academic Press, New York.
- Odneal, B.M. 1983. Winter bud injury of grapevine 1981-1982. *Fruit Varieties Journal* 31 (2): 45-51.
- Paroschy, J. 1982. Low temperature injury symptoms in Canadian grapevines. *Vinifera Wine Growers J.* p. 17-28.
- Pierquet, P., Stushnoff, C., and M.J. Burke. 1977. Low temperature exotherms in stem and bud tissues of *Vitis riparia* Michx. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 54-55.
- Pierquet, P., and C. Stushnoff. 1980. Relationship of low temperature exotherms to cold injury in *Vitis riparia* Michx. *Amer. J. Enol. Vitic.* 31:1-6.
- Plocher, T.A., and B. Parke. 2001. Northern Winework: Growing grapes and making wine in cold climates. In: Plocher T.A and R.J. Parke (eds). Winework Inc. Minnesota, USA, 178 p.
- Pogosyan, K.S. 1975. Physiological characteristics of cold resistance in different varieties and forms of vine. *Vitis* 13: 287-291.
- Prostitova, V.S. 1977. Frost resistance varieties in the Stavropol area. *Horticultural Abstracts* 47: 461.
- Quamme, H.A. 1986. Use of thermal analysis to measure freezing resistance of grape buds. *Can. J. Plant Sci.* 66:945-952.

- Reisch, B.I., Pool, R.M., Peterson, D.V., and M.H. Martens. 1979. Grape varieties for New York State. New York Food and Life Science. Bulletin N° 80. A Cornell Cooperative Extension Publication.
- Reisch, B.I., Goodman, R.N., Martens, M.H., and N.F. Weeden. 1993. The relationship between Norton and Cynthiana, red wine cultivars derived from *Vitis aestivalis*. Am. J. Enol. Vitic. 44: 441-444.
- Reisch, B.I., and R. Luce 2002. Recent releases and numbered selections from the Geneva grape breeding program. <http://www.nysaes.cornell.edu/hort/faculty/reisch/cultivar.html>.
- Rekika, D., Cousineau, J., Levasseur, A., Richer, C., Fisher, H., and S. Khanizadeh. 2003. The use of a freezing bud technique to determine the hardiness of 20 grape genotypes. Small Fruits Review (*sous presse*).
- Richer, C. et J.A. Rioux. 2001. Évaluation de la tolérance du *Thuja occidentalis* L. et de cinq cultivars aux conditions climatiques du Nord-Est canadien. Partie II. Can. J. Plant Sci. 82: 169-175.
- Rioux, J.A., Marquis, P., Richer, C. et M.P. Lamy. 2000. Évaluation de la tolérance du *Thuja occidentalis* et de huit de ses cultivars aux conditions climatiques du Nord-Est canadien. Can. J. Plant Sci. 80: 631-637.
- Sakai, A., and W. Larcher. 1987. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. SpringerVerlag, New York, NY.
- Sayed, H. 1992. Vineyard site suitability in Ontario. Ontario Grape and Wine Adjustment Program. OMAFRA and Agriculture Canada Publication N.10.92.
- Skorokhod, V.A. 1975. The reasons for different frost resistance of vines under soil cover. Sadovodstvo, Vinogradarstvo i Vinodelie Moldavii N° 8:21-24.

- Spayd, S.E., Morris, J.R., Ballinger, W.E., and D.G. Himelrick. 1989. Maturity standards, harvesting, post harvest handling, and storage. *In* : Galletta, J. and D.V. Himelrick (eds.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 504-530.
- Stergio, B.G., and G.S. Howell. 1977. Effect of site on cold acclimation and deacclimation of Concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol. 28 (1): 43-48.
- Stetsenko, V.M. 1978. Winter protection for grapevines. *Sadovodstvo* N° 8:41. Résumé *in Horticultural Abstracts* 46 (1976): 388.
- Stushnoff, C., and R.A. Hamman. 2002. Freeze Damage and Protection of Horticultural Plants. Colorado AES Projects 2002-2003. <http://www.colostate.edu/Depts/AES/projs/278.htm>
- Vignes du Québec. <http://vignesduquebec.com>
- Weiser, C.J. 1970. Cold resistance and acclimation in woody plants (A review). *HortScience* 5: 403-408.
- Wolf, T.K., and M.K. Cook. 1994. Cold hardiness of dormant buds of grape cultivars: Comparison of thermal analysis and field survival. *HortScience* 29 (12): 1453-1455.
- Wolf, T.K., and M.K. Miller. 2001. Crop yield, quality, and winter injury of 12 red-fruited wine grape cultivars in Northern Virginia. *J. Amer. Pom. Soc.* 55 (4): 241-250.
- Wolf, T.K., and M.K. Warren. 2000. Crop yield, quality, and winter injury of eight wine grape cultivars in Northern Virginia. *J. Amer. Pom. Soc.* 54 (1): 34-43.
- Vandal, J.O. 1986. *La culture de la vigne au Québec. À compte d'auteur, Sainte-Foy.* 143 p.



Tableau 1. Liste des 20 génotypes de vigne (*Vitis* sp.) étudiés, avec leur origine, leur ascendance et leur rusticité.

Cultivar	Origine	Ascendance	Rusticité (avec référence)
Sabrevois (ES -2-1-9)	É.-U.	(Minn. 78 × Rosette) × (Minn. 78 × Seneca)	R <sup>1</sup>
Prairie Star (ES-3-247)	É.-U.	ES 2-7-13 × ES 2-8-1	R <sup>1</sup>
ES-4-7—25	É.-U.	ES 2-12-27 × St. Croix	R <sup>1</sup>
Delisle (ES -7-541)	É.-U.	ES 2-2-22 × Esprit	R <sup>2</sup>
Michurinetz	Russie	<i>V. amurensis</i> × Getsh	R <sup>1</sup>
St. Croix	É.-U.	(Minn. 78 × Rosette) × (Minn. 78 × Seneca)	R <sup>1</sup>
St. Pepin	É.-U.	(Minn 78 × Siebel 1000) × Seyval	R <sup>1-2</sup>
Vandal-Cliche	Canada	Vandal 63 × Vandal 163	R <sup>1</sup>
Kay Gray	É.-U.	(Minn. 78 × Golden Muscat) × pollinisation libre	R <sup>1-2</sup>
ES-6-12-28	É.-U.	ES 5-14 × pollinisation libre	-
GR-7	É.-U.	Buffalo × Baco noir	SR <sup>3</sup>
Lucie Kuhlmann	France	Mg 101-14 × Goldriesling	SR <sup>2</sup>
Okanagan Riesling	Inconnue	-	-
Seyval noir	France	-	SR <sup>4</sup>
Chancellor	France	Seibel 5163 × Seibel 880	SR <sup>1-4</sup>
Seyval blanc	France	Seibel 5656 × Seibel 4986 (Rayon d'Or)	SR <sup>1-4</sup>
SV-18-307	France	Seibel 7053 × Seyve Villard 12-375	S <sup>4</sup>
Vidal blanc	France	St. Emilion × Seibel 4986 (Rayon d'Or)	S <sup>4</sup>
Hibernal (GM-322)	Allemagne	Chancellor × Reisling	S <sup>1</sup>
Siegerrebe	Allemagne	Gewürztraminer × Madeleine Angevine	S <sup>5</sup>

<sup>(1)</sup> Plocher et Parke (2001), <sup>(2)</sup> Vignes du Québec (<http://vignesduquebec.com>), <sup>(3)</sup> Odneal (1983), <sup>(4)</sup> Dubois et Deshaies (1997), <sup>(5)</sup> Reisch *et al.* (1979), <sup>(6)</sup> Bordelon *et al.* (1997b).

Rusticité : R= Rustique, SR= Semi-rustique, S= Sensible

Tableau 2 : Températures maximales et minimales moyennes enregistrées pour chaque type de protection hivernale à Frelighsburg et dans deux vignobles commerciaux pendant deux saisons de croissance (2000 et 2001).

	Frelighsburg		L'Orpailleur (Dunham)		Dietrich-Jooss (Iberville)
	1999-2000	2000-2001	1999-2000	2000-2001	1999-2000
Température maximale moyenne, 17 novembre - 04 avril <sup>w</sup>	1,16	-2,01	1,40	-1,93	0,86
Température minimale moyenne, 17 novembre - 04 avril <sup>w</sup>	-7,0	-9,12	-8,25	-12,35	-8,31
Température minimale absolue (°C) <sup>x</sup>	-30,5	-27,0	-33,7	-30,9	-32,42
Méthode 1					
Température maximale moyenne sur le deuxième fil (°C) <sup>y</sup>	0,98	-0,31	1,57	-0,23	0,76
Température minimale moyenne sur le deuxième fil (°C) <sup>y</sup>	-6,51	-9,88	-8,57	-9,86	-8,56
Température minimale absolue (°C) <sup>z</sup>	-28,05	-28,05	-32,48	-33,73	-30,17
Méthode 2					
Température maximale moyenne au sol (°C) <sup>y</sup>	1,56	0,52	2,16	0,89	1,37
Température minimale moyenne au sol (°C) <sup>y</sup>	-5,05	-2,79	-5,17	-3,35	-6,06
Température minimale absolue (°C) <sup>z</sup>	-25,19	-26,11	-25,19	-21,79	-26,11
Méthode 3 <sup>y</sup>					
Température maximale moyenne sous la toile géotextile (°C) <sup>y</sup>	2,93	-	4,34	1,47	3,86
Température minimale moyenne sous la toile géotextile (°C) <sup>y</sup>	-2,78	-	-3,97	-1,63	-5,83
Température minimale absolue (°C) <sup>z</sup>	-18,05	-	-21,0	-16,68	-21,0
Méthode 4 <sup>y</sup>					
Température maximale moyenne sous la butte (°C) <sup>y</sup>	0,34	0,11	0,18	0,59	-0,06
Température minimale moyenne sous la butte (°C) <sup>y</sup>	-2,03	-0,41	-1,70	-0,32	-3,21
Température minimale absolue (°C) <sup>z</sup>	-18,05	-7,33	-16,68	-9,46	-16,68

<sup>w</sup>Température moyenne de novembre à avril enregistrée dans chacune des trois localités.

<sup>x</sup>Température minimale absolue enregistrée en janvier ou au début de février pour la saison de croissance indiquée.

<sup>y</sup>Température moyenne de novembre à avril enregistrée par la sonde de température extérieure Hobo, pour chaque type de protection hivernale.

<sup>z</sup>Température minimale absolue enregistrée un jour donné en janvier ou au début de février par la sonde de température extérieure Hobo, pour chaque type de protection hivernale.

Tableau 3. Rendement total (kg) de 20 géotypes de vigne cultivés selon quatre méthodes de protection hivernale, à Frelighsburg et dans deux vignobles commerciaux (L'Orpailleur, à Dunham, et Dietrich-Jooss, à Iberville) pendant les saisons de croissance 2000 et 2001.

Localité Saison	Frelighsburg								L'Orpailleur								Dietrich-Jooss			
	2000				2001				2000				2001				2000			
Cultivar	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Sabrevois	8,3	7,4	7,2	-	10,2	8,0	10,8	-	0,51	1,30	1,90	-	2,87	3,62	3,55	-	1,02	2,13	1,86	-
Prairie Star	5,4	3,9	3,1	-	3,6	4,0	6,0	-	0,25	0,28	0,67	-	0,51	1,48	2,40	-	0,14	0,23	0,13	-
ES-4-7-25	10,0	8,6	8,8	-	12,1	16,9	23,0	-	3,41	5,75	3,71	-	4,52	10,38	10,93	-	1,04	2,14	1,87	-
Delisle	7,5	6,8	7,0	-	4,1	3,8	5,5	-	0,12	0,62	1,24	-	1,21	2,19	3,23	-	0,54	0,88	0,99	-
Michurinetz	7,2	8,7	8,3	-	7,7	8,7	9,3	-	0,63	0,95	2,59	-	1,50	3,07	7,92	-	1,66	3,52	1,42	-
St. Croix	17,4	14,1	14,4	-	8,4	8,5	13,4	-	2,06	3,20	5,16	-	2,52	4,52	5,35	-	4,44	3,72	2,72	-
St. Pepin	13,8	10,0	11,2	-	7,3	9,0	13,5	-	1,76	1,38	3,60	-	1,37	2,46	6,57	-	2,99	2,61	1,61	-
Vandal-Cliche	30,4	27,8	21,1	-	12,2	12,0	24,8	-	7,23	2,69	6,34	-	1,59	5,44	7,25	-	3,33	4,34	3,65	-
Kay Gray	12,5	10,6	8,2	-	5,8	6,0	7,6	-	0,56	0,68	1,86	-	1,15	2,58	3,53	-	0,52	1,45	1,30	-
ES-6-12-28	11,6	10,0	14,8	-	10,0	6,4	20,8	-	0,52	1,90	7,47	-	1,99	4,02	6,69	-	1,18	3,70	0,73	-
GR-7	8,4	10,3	9,6	-	3,6	10,9	11,7	-	0,58	2,17	4,11	-	1,56	2,45	6,21	-	1,71	6,04	5,52	-
L. Kuhlmann	9,7	11,3	14,4	-	4,7	4,1	12,6	-	0,96	1,88	6,31	-	0,87	3,03	7,12	-	1,76	6,49	5,20	-
Chancellor	-	-	2,7	-	-	-	25,9	-	-	-	4,04	-	-	-	6,84	-	-	-	4,24	-
Hibernal	-	-	11,4	-	-	-	18,8	-	-	-	2,94	-	-	-	2,93	-	-	-	5,48	-
Ok. Riesling	-	-	6,0	-	-	-	13,0	-	-	-	1,18	-	-	-	2,52	-	-	-	0,79	-
Seyval blanc	-	-	9,1	9,0	-	-	26,6	7,4	-	-	4,28	1,96	-	-	7,01	3,5	-	-	5,52	2,16
Seyval noir	-	-	7,7	-	-	-	27,2	-	-	-	4,41	-	-	-	6,64	-	-	-	4,21	-
Siegerrebe	-	-	0,7	-	-	-	11,4	-	-	-	0,18	-	-	-	0,53	-	-	-	0,10	-
SV-18-307	-	-	0,4	-	-	-	17,7	-	-	-	5,59	-	-	-	13,41	-	-	-	4,30	-
Vidal blanc	-	-	3,4	-	-	-	14,8	-	-	-	0,85	-	-	-	3,81	-	-	-	1,45	-
p.p.d.s 5 %	3,3	3,6	3,5	-	3,4	3,8	5,1	-	1,67	1,52	2,42	-	1,26	2,43	2,99	-	2,7	2,35	2,65	-

Les données sont des moyennes de 4 répétitions (3 vignes/répétition)

Protection hivernale : M1 = aucune protection, M2 = 50% des sarments sur le sol recouverts de neige et 50% des sarments sans aucune protection, M3 = vigne recouverte d'une toile géotextile, M4 = vigne recouverte de 0,35 m de terre.

' - ' non planté, dispositif par blocs aléatoires incomplets (parcelles divisées).

Rendement total (kg par 3 vignes)

Tableau 4. Poids des grains, poids des grappes, concentration des solides solubles (CSS) et acidité totale (AT) de 20 génotypes de vigne cultivés à Frelighsburg pendant les saisons de croissance 2000 et 2001.

Cultivar	2000										2001									
	Poids des grains (g)				Poids des grappes (g)				CSS (%)	AT (g/L) <sup>x</sup>	Poids des grains (g)				Poids des grappes (g)				CSS (%)	AT (g/L)
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M3	M3	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M3	M3
Sabrevois	1,58	1,54	1,75	-	90,3	91,4	106,7	-	17,3	14,8	1,72	1,69	1,60	-	79,5	70,8	81,8	-	16,6	14,6
Prairie Star	1,77	1,63	1,62	-	100,4	89,1	81,7	-	19,1	15,2	1,58	1,57	1,78	-	80,1	85,0	91,8	-	20,0	12,7
ES-4-7-25	1,98	1,88	1,97	-	148,4	127,6	137,3	-	18,6	9,20	1,73	2,02	1,73	-	89,3	94,3	94,1	-	18,5	8,8
Delisle	1,10	1,10	1,15	-	64,2	64,3	62,2	-	16,5	9,90	1,21	1,20	1,32	-	49,9	48,5	55,0	-	17,0	9,8
Michurinetz	1,02	0,94	0,87	-	82,5	75,7	85,9	-	20,4	18,93	0,89	0,99	1,07	-	91,9	77,6	81,0	-	18,5	16,1
St. Croix	1,57	1,59	1,54	-	129,3	119,5	127,5	-	16,6	11,1	1,66	1,71	1,54	-	88,3	77,8	90,4	-	16,0	10,7
St. Pepin	1,87	1,91	92,7	-	133,3	147,2	140,1	-	18,9	14,2	1,55	1,76	1,64	-	87,5	124,6	112,6	-	20,5	14,7
Vandal-Cliche	1,73	1,61	1,71	-	141,0	136,1	128,9	-	15,0	12,1	1,57	1,75	1,61	-	86,5	106,7	91,5	-	16,7	13,0
Kay Gray	2,21	2,17	2,19	-	92,9	77,6	78,0	-	15,0	10,1	2,18	2,37	2,12	-	63,6	62,3	59,9	-	17,7	5,9
ES-6-12-28	1,36	1,29	1,39	-	126,9	99,4	121,6	-	18,9	12,6	1,52	1,64	1,58	-	109,4	103,4	111,5	-	19,4	9,5
GR-7	0,82	0,80	0,78	-	93,6	95,4	93,7	-	22,4	16,2	0,82	0,99	0,96	-	55,1	-	69,7	-	19,6	13,5
L. Kuhlmann	0,85	0,93	0,85	-	102,8	110,9	92,7	-	19,4	15,2	0,88	0,85	0,90	-	65,3	78,1	73,1	-	17,7	15,9
Chancellor	-	-	1,27	-	-	-	184,5	-	16,5	14,1	-	-	1,29	-	-	-	153,5	-	16,1	10,6
Hibernal	-	-	1,24	-	-	-	184,1	-	17,0	12,7	-	-	1,28	-	-	-	117,5	-	13,0	12,9
Ok. Riesling	-	-	1,58	-	-	-	74,3	-	17,8	12,8	-	-	1,53	-	-	-	75,1	-	17,8	10,7
Seyval blanc	-	-	1,57	1,70	-	-	278,0	282,9	17,2	11,9	-	-	1,28	1,72	-	-	242,8	242,8	16,4	10,4
Seyval noir	-	-	1,84	-	-	-	237,1	-	16,7	12,4	-	-	1,63	-	-	-	185,9	-	13,5	10,8
Siegerrebe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,13	-	-	-	160,2	-	15,6	6,8
SV-18-307	-	-	1,29	-	-	-	200,3	-	17,5	12,2	-	-	1,10	-	-	-	191,8	-	16,1	12,0
Vidal blanc	-	-	1,52	-	-	-	176,6	-	16,4	18,6	-	-	1,64	-	-	-	202,9	-	17,0	12,0
p.p.d.s 5 %	0,14	0,15	0,12	-	23	25	37	-	1,44	1,58	0,20	0,17	0,23	-	29	18	29	-	2,66	1,80

Les données sont des moyennes de 4 répétitions (3 vignes/répétition)

Protection hivernale : M1 = aucune protection, M2 = 50 % des sarments sur le sol recouverts de neige et 50 % des sarments sans aucune protection, M3 = vigne recouverte d'une toile géotextile, M4 = vigne recouverte de 0,35 m de terre.

' - ' non planté, dispositif par blocs aléatoires incomplets (parcelles divisées).

<sup>x</sup> Acidité titrable (AT) en équivalents de grammes d'acide tartrique par litre.

Tableau 5. Pourcentage moyen de mortalité des bourgeons chez 20 géotypes de vigne cultivés selon quatre méthodes de protection hivernale à Frelighsburg et dans deux vignobles, L'Orpailleur, à Dunham, et Dietrich-Jooss, à Iberville, pendant les saisons de croissance 2000 et 2001.

Cultivar	Frelighsburg								L'Orpailleur								Dietrich-Jooss			
	2000				2001				2000				2001				2000			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Sabrevois	8,7	5,0	5,6	-	4,4	5,6	8,7	-	51,2	40,6	36,2	-	30,0	15,6	23,7	-	45,0	31,2	30,0	-
Prairie Star	21,2	25,0	16,2	-	6,9	8,7	13,1	-	63,1	46,2	31,2	-	53,1	61,9	36,9	-	52,5	45,0	63,1	-
ES-4-7-25	14,3	22,5	9,3	-	8,1	7,5	9,4	-	65,6	58,1	17,8	-	57,5	56,9	23,1	-	33,0	25,0	40,0	-
Delisle	15,0	10,0	14,4	-	20,0	31,2	66,2	-	73,1	48,1	27,5	-	53,1	34,4	22,8	-	41,2	26,2	40,6	-
Michurinetz	8,7	6,2	6,2	-	9,4	18,7	25,0	-	44,4	22,5	24,4	-	77,5	79,4	17,5	-	62,8	18,3	28,1	-
St. Croix	7,5	10,6	6,2	-	9,4	9,4	11,2	-	44,4	37,5	13,7	-	33,1	24,4	17,5	-	55,6	31,9	27,5	-
St. Pepin	22,5	15,6	24,4	-	5,0	11,2	23,7	-	58,7	55,6	34,4	-	40,6	26,9	28,7	-	45,6	29,4	44,4	-
Vandal-Cliche	6,8	4,3	7,5	-	4,4	23,7	12,5	-	36,9	28,1	20,0	-	55	50	11,9	-	38,7	31,2	20,6	-
Kay Gray	8,7	8,7	10,0	-	3,7	5,6	15,0	-	23,7	36,9	30,7	-	18,12	20,0	15,0	-	31,9	23,7	27,5	-
ES-6-12-28	15,6	25,0	18,1	-	26,2	46,4	30,0	-	75,0	54,4	18,1	-	72,5	73,1	24,4	-	44,4	28,1	44,4	-
GR-7	18,7	21,2	20,6	-	13,7	16,2	15	-	80,0	50,6	11,9	-	75,8	92,5	15,0	-	55,0	30,6	35,0	-
L. Kuhlmann	33,1	20,0	13,1	-	11,9	21,9	13,7	-	71,9	41,2	15,0	-	82,1	95,0	15,6	-	59,3	29,4	38,1	-
Chancellor	-	-	24,4	-	-	-	50,0	-	-	-	61,2	-	-	-	35,6	-	-	-	35,0	-
Hibernal	-	-	24,4	-	-	-	26,2	-	-	-	51,2	-	-	-	41,9	-	-	-	40,6	-
Ok. Riesling	-	-	23,1	-	-	-	30,6	-	-	-	57,1	-	-	-	52,5	-	-	-	40,0	-
Seyval blanc	-	-	30,0	58,7	-	-	56,2	93,1	-	-	69,2	72,5	-	-	60,6	92,5	-	-	43,7	64,2
Seyval noir	-	-	45,6	-	-	-	63,7	-	-	-	56,2	-	-	-	60,0	-	-	-	47,5	-
Siegerrebe	-	-	84,4	-	-	-	86,2	-	-	-	74,3	-	-	-	62,5	-	-	-	68,3	-
SV-18-307	-	-	55,0	-	-	-	65,0	-	-	-	89,38	-	-	-	71,2	-	-	-	61,9	-
Vidal blanc	-	-	62,5	-	-	-	68,1	-	-	-	85,0	-	-	-	80,6	-	-	-	63,3	-
LSD 5%	8,4	8,9	13,6	-	13,6	18,0	15,8	-	7,9	15,0	18,1	-	14,4	3,0	14,4	-	19,6	13,5	24,7	-

Les données sont des moyennes de 4 répétitions (3 vignes/répétition)

Protection hivernale : M1 = aucune protection, M2 = 50 % des sarments sur le sol recouverts de neige et 50 % des sarments sans aucune protection, M3 = vigne recouverte d'une toile géotextile, M4 = vigne recouverte de 0,35 m de terre.

'- ' non planté, dispositif par blocs aléatoires incomplets (parcelles divisées).

Tableau 6. Vigueur moyenne de 20 géotypes de vigne cultivés selon quatre méthodes de protection hivernale à Frelighsburg et dans deux vignobles, L'Orpailleur, à Dunham, et Dietrich-Jooss, à Iberville, pendant les saisons de croissance de 2000 et 2001.

Cultivar	Frelighsburg								L'Orpailleur								Dietrich-Jooss			
	2000				2001				2000				2001				2000			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Sabrevois	4,6	4,0	4,5	-	4,4	4,2	5	-	3,5	4,3	4,1	-	4,0	3,8	4,6	-	3,3	4,2	3,6	-
Prairie Star	4,2	4,4	3,6	-	3,1	2,9	3,6	-	2,9	3,6	3,5	-	2,6	3,5	3,4	-	3,0	2,5	2,5	-
ES-4-7-25	4,5	4,2	4,3	-	3,1	3,6	4,5	-	3,0	4,5	3,2	-	2,8	4,0	3,6	-	2,2	2,7	3,2	-
Delisle	4,3	4,2	4,1	-	4,3	4,3	4,6	-	3,2	3,4	3,6	-	3,2	3,8	4,2	-	3,2	3,2	2,8	-
Michurinetz	3,8	4,5	3,9	-	3,0	4,3	3,5	-	3,8	4,0	4,0	-	2,7	3,3	4,5	-	3,1	3,5	3,2	-
St. Croix	5,0	4,6	5,0	-	4,2	4,5	4,9	-	4,4	4,6	4,4	-	3,7	4,9	4,5	-	3,6	3,3	3,7	-
St. Pepin	4,1	4,2	4,1	-	3,9	3,2	4,0	-	3,7	3,2	3,8	-	3,6	3,5	4,2	-	3,2	3,2	3,6	-
Vandal-Cliche	4,5	4,2	3,9	-	3,7	3,9	4,7	-	4,0	3,3	4,1	-	3,7	2,7	4,3	-	3,2	3,2	3,5	-
Kay Gray	4,7	4,5	4,5	-	4,6	4,7	4,9	-	3,7	3,6	4,1	-	3,7	4,6	4,7	-	3,0	3,7	3,6	-
ES-6-12-28	4,2	3,6	4,3	-	4,0	3,4	4,7	-	3,5	4,2	4,2	-	2,5	4,0	4,0	-	2,7	3,2	2,0	-
GR-7	4,7	4,6	4,6	-	3,8	4,5	5,0	-	3,9	4,2	4,0	-	4,0	4,0	4,7	-	3,6	3,8	3,7	-
L. Kuhlmann	4,7	5,0	4,7	-	3,9	3,8	5,0	-	3,6	3,7	4,0	-	2,9	3,7	4,6	-	2,9	3,8	3,8	-
Chancellor	-	-	3,0	-	-	-	3,0	-	-	-	2,2	-	-	-	2,1	-	-	-	2,3	-
Hibernal	-	-	3,6	-	-	-	3,6	-	-	-	2,6	-	-	-	3,1	-	-	-	3,2	-
Ok. Riesling	-	-	4,3	-	-	-	4,5	-	-	-	1,0	-	-	-	3,2	-	-	-	2,3	-
Seyval blanc	-	-	3,0	2,8	-	-	3,1	1,9	-	-	2,5	2,3	-	-	2,2	1,3	-	-	2,4	2,2
Seyval noir	-	-	2,8	-	-	-	3,3	-	-	-	3,3	-	-	-	2,9	-	-	-	2,2	-
Siegerrebe	-	-	2,4	-	-	-	3,0	-	-	-	1,7	-	-	-	1,4	-	-	-	2,1	-
SV-18-307	-	-	1,8	-	-	-	1,6	-	-	-	2,8	-	-	-	2,6	-	-	-	2,1	-
Vidal blanc	-	-	2,8	-	-	-	1,6	-	-	-	2,5	-	-	-	1,2	-	-	-	2,6	-
p.p.d.s. 5 %	0,44	0,36	0,44	-	0,58	0,70	0,58	-	0,68	0,53	0,65	-	0,90	0,91	0,71	-	0,66	0,76	0,79	-

Les données sont des moyennes de 4 répétitions (3 vignes/répétition)

Protection hivernale : M1 = aucune protection, M2 = 50 % des sarments sur le sol recouverts de neige et 50 % des sarments sans aucune protection, M3 = vigne recouverte d'une toile géotextile, M4 = vigne recouverte de 0,35 m de terre.

' - ' non planté, dispositif par blocs aléatoires incomplets (parcelles divisées).

La vigueur a été évaluée d'après le système de notation suivant : 0 = plante morte, 1 = très faible, 2 = faible, 3 = vigueur moyenne, 4 = forte, 5 = très forte

