ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DU RENDEMENT D'UN CÉPAGE HYBRIDE (SEYVAL BLANC), EN FONCTION DE DIFFÉRENTS MOYENS DE PROTECTION CONTRE LE GEL HIVERNAL AU QUÉBEC

EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF THE HYBRID VINE SEYVAL BLANC IN FUNCTION OF SEVERAL TYPES OF PROTECTION AGAINST FROST IN QUÉBEC

T. TELEBAK, Y. JOLIVET et J.-M DUBOIS

Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1

Résumé : Afin d'évaluer la qualité de différents types de protection hivernale, des données de températures au sol sous différents abris (butte de terre, butte de feuilles, neige rapportée et neige naturelle) et de l'air ambiant ont été enregistrées. Les résultats montrent que le Seyval blanc, s'il n'est pas protégé contre le gel hivernal, subit des dommages très sérieux lorsque la température de l'air atteint -30 °C. Toutes les méthodes de protection expérimentées ont permis de conserver des températures du sol plus élevées. Les résultats indiquent aussi que le taux de mortalité des bourgeons à fruits des ceps sans protection est presque de 100 %, par rapport aux ceps qui sont protégés dont le taux de mortalité des bourgeons à fruits se situe entre 22,5 et 35,8 %. Par contre, le rendement en raisin des ceps sans aucune protection hivernale est nul. Les meilleurs rendements en raisin ont été obtenus sur les sites dont les ceps protégés par buttage (40 cm de terre). Les ceps protégés par la neige naturelle ainsi que par l'enfeuillage (30 cm + neige rapportée et sarments couchés) ont porté les fruits avec la plus haute teneur en sucre. La neige est aussi un excellent isolant car une couche de neige de 37 cm d'épaisseur a permis la survie des ceps protégés par la neige même lorsque la température a atteint -30 °C.

Abstract : In Quebec, winter frost is one of the determining factors influencing vine survival and yield. To evaluate the quality of the different types of winter protection, ground temperature data under different covers (ground knolls, leaf mounds, carried over snow and natural snow) and ambient air temperatures were recorded. Results show that the Seyval blanc, if not protected against winter frost, can sustain quite serious damages when the air temperature reaches -30 °C. Ridging, leaf covering and the natural snow cover as well as carried over snow have a positive effect on ground temperatures, since over the site without protection, frost penetrated down to a depth of 50 cm. However, it seems that the root system did not sustain significant damages from the ground frost since regrowth occurred in the Spring. Because of its direct exposure to radiation and surface climatic conditions, bare soil warms up more quickly in the Spring compared to the other sites benefiting from protection. Results also indicate that the mortality rate of the vine stock fruit buds without protection is nearly 100 % compared to the protected vine stocks with a fruit bud mortality rate varying from 22.5 to 35.8 %. The protected vine stocks, regardless of the type of protection used, had satisfactory yields from 7.2 t/ha to 24.4 t/ha. On the other hand, the raisin yield of the vine stocks without any winter protection is null. The best raisin yields were obtained over sites where vine stocks were protected by ridging (40 cm of earth), while the vine stocks protected by leaf covering showed an average yield. We also observed that when vine stock leaf covering is coupled with lodged vine shoots, raisin yields are higher than when the vine shoots are erect. However, in both cases, potential yield per hectare is satisfactory. Hence, the lodging of vine shoots becomes a useless operation. The vine stocks protected by natural snow as well as by leaf covering (30 cm + carried over snow and lodged vine shoots) gave the fruit with the highest sugar content. Snow is also an excellent insulator because a 37 cm high snow cover permitted the survival of the vine stocks protected by snow even when the temperature reached -30 °C. The only problem still posing a threat is snow cover variability during the winter season. A reduced snow cover, coupled with temperature conditions under the threshold of tolerance of the vine to cold, could not insure satisfactory protection of the fruit buds.

Key words : Hybrid wine, Seyval blanc, protection against frost, thermal regime, winter hardiness

Mots clés : Vigne hybride, Seyval blanc, protection contre le froid, régime thermique, seuil de tolérance

*Correspondance : jean-marie.dubois@usherb.ca

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

INTRODUCTION

Il est connu que le rendement viticole varie en fonction de plusieurs facteurs. Au Québec, les conditions climatiques rigoureuses et la courte saison de croissance obligent les viticulteurs à sélectionner soigneusement les cépages à cultiver. En fait, la plupart des vignobles québécois sont localisés dans les régions où les températures peuvent atteindre -30 °C et, exceptionnellement, -35 °C (JOLIVET *et al.*, 1999). Étant donné que le seuil de tolérance de la vigne hybride se situe entre -20 °C et -30 °C (GALET, 1993) ou, plus précisément, aux alentours de -23 °C dans le cas du Seyval blanc (BREAULT, 2000), le critère de sélection qui prédomine au Québec demeure la tolérance au froid.

L'analyse du régime thermique des parties aériennes et du système racinaire en fonction de méthodes de protection contre le froid a déjà fait l'objet de recherche. Par exemple, les résultats des recherches sur la toile géotextile et le cône de polystyrène (JOLIVET *et al.*, 1999; THERRIEN *et al.*, 1999) ont démontré que le cône de polystyrène est un isolant de bonne qualité qui peut être utilisé pour lutter contre les gels radiatifs printaniers. Les recherches de JOLIVET et DUBOIS (2000a) ont aussi démontré l'efficacité du buttage comme méthode de protection contre le gel hivernal. Le buttage, qui représente la méthode protection la plus pratiquée au Québec, réduit de façon importante les écarts de températures au système racinaire ainsi qu'aux bourgeons fructifères et a permis leur viabilité sous des températures de -33 °C.

D'autres recherches ont aussi mis en évidence le rôle capital du couvert nival naturel et artificiel dans la stabilisation et la conservation de températures au-dessus du seuil de tolérance au froid durant la période hivernale. Un couvert nival de 15 à 20 cm au-dessus des bourgeons fructifères a permis de protéger les bourgeons du froid (JOLIVET et DUBOIS, 2000b) et même une couche de 37 cm d'épaisseur a permis à la vigne de résister à des températures de -30 °C (TELEBAK *et al.*, 2000). Même si, à cause de ses propriétés physiques, la neige est un isolant de qualité, la formation de trous de fonte et de trous d'oscillation près des sarments peut permettre à l'air froid de pénétrer jusqu'aux bourgeons (CARRIÈRE *et al.*, 2002). Même qu'au printemps, la fonte prématurée du couvert nival dans les rangs laisse les parties aériennes de la vigne sans protection, c'est-à-dire aux aléas des conditions météorologiques de surface (CARRIÈRE *et al.*, 2002; JOLIVET et DUBOIS, 2000b).

Par contre, l'étude du rendement de la vigne au Québec, placée sous différentes méthodes de protection a été peu soumis à une analyse. Cette recherche, effectuée de décembre 1997 à octobre 1998, porte sur les rendements de la vigne hybride (Seyval blanc). Des mesures de température des parties aériennes des ceps ainsi qu'une analyse du rendement (nombre de grappes par cep et poids des grappes) et de la teneur en sucre des moûts, ont permis non seulement d'obtenir des indices de productivité, mais aussi des indices sur la qualité des fruits.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

I. MATÉRIEL D'ACQUISITION DE DONNÉES DE LA TEMPÉRATURE

Le système d'acquisition de données utilisé pour cette expérience se compose de deux modules : Un micrologger (CR10) de Campbell scientific et quatre plaques de relais (AM32). Le micrologger porte un thermistor externe utilisé comme température référentielle. Dans le but d'assurer une température de référence stable, le CR10 et les AM32 sont placés dans un boîtier de plastique dur, recouvert de 30 cm de feuilles mortes et, de façon constante, 30 cm de neige rapportée. Le surplus d'humidité est absorbé par 200 g du $CaSO_4$.

Des mesures de température sont enregistrées à partir de 60 thermocouples répartis jusqu'à 100 cm dans le sol et jusqu'à 50 cm au-dessus du sol. La partie du thermocâble située au-dessus du sol est fixée sur un tuteur en bambou de couleur ambrée simulant la couleur des ceps. La partie souterraine du thermocâble est enfoncée dans le sol à l'intérieur de trous réalisés à l'aide d'une barre rigide. Cette partie est protégée par une gaine de téflon, puis scellée aux extrémités au silicone. Les trous sont ensuite comblés par un mélange de sol et d'eau dans le but d'obtenir une porosité du sol très près de celle qui existait auparavant. Les mesures obtenues par les thermocouples comportent une erreur maximale de ± 0,5 °C (CAMPBELL SCIENTIFIC CANADA CORP., 1989).

Les données de températures sont prises à toutes les 10 minutes du 9 décembre 1997 au 2 juin 1998, sauf pendant deux périodes, à cause de problèmes techniques : du 25 décembre 1997 au 9 janvier 1998 et du 30 mars au 23 avril 1998. L'intensité du rayonnement global a été mesurée du 27 janvier 1998 au 2 juin 1998, sauf pendant le période du 20 mars 1998 au 1er mai 1998, aussi à cause de problèmes techniques.

II. MÉTHODE LIÉE AUX SITES EXPÉRIMENTAUX

Pour cette recherche, nous avons choisi des ceps sains, d'une vigueur comparable et dont les sarments ont été bien aoûtés. Durant la saison végétative de 1998,

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

nous avons recueilli, de façon visuelle, les données sur les dommages causés par le gel hivernal aux ceps. L'état de santé des ceps et le développement des maladies fongiques ont été suivis de la même façon.

La taille de la vigne a été effectuée le 12 mai 1998 et, à cette période, nous avons déterminé de façon visuelle la charge en grappe pour chaque cep en fonction de sa vigueur et de son état de santé. La charge en grappe représente ici le nombre de bourgeons primaires qu'on laisse sur chaque souche au moment de la taille. Les ceps en expérimentation sont taillés de la même façon que les autres ceps du vignoble. Au début de juin, nous avons déterminé le taux de mortalité des bourgeons à fruits pour chaque cep. À cette époque de l'année, la plupart des bourgeons à fruits ont déjà débourré. Le taux de mortalité représente le nombre de bourgeons à fruits non débourrés par rapport au nombre de bourgeons à fruits laissés au cours de la taille de la vigne. Le résultat est exprimé en pourcentage.

Le 12 octobre 1998, nous avons effectué des microvendanges sur chacun des 24 ceps afin de comparer le poids en raisins entre les différents ensembles de ceps. Au cours de la vendange, nous avons rejeté un certain nombre de grappes qui n'ont pas atteint la maturité. Le rendement potentiel par hectare pour chaque ensemble des ceps a été calculé en multipliant le rendement moyen de l'ensemble de ceps par le nombre de ceps par hectare, soit 5 720. Pour chaque ensemble de ceps, nous avons déterminé également le nombre de grappes, la densité spécifique du moût et le degré d'alcool probable.

La densité spécifique du moût est mesurée à l'aide d'un mustimètre à la température ambiante de 20 °C et exprimée en g/L. Après avoir préparé le moût, nous l'avons filtré afin d'éliminer les particules solides qui peuvent fausser les résultats. Étant donné que les ceps d'un site (site A, sans protection) ont eu un faible rendement, il était impossible de mesurer la densité de moût pour cet ensemble de ceps, car il fallait avoir au moins un litre de moût pour effectuer la mesure. Pour transformer la valeur de densité spécifique de moût en degré Brix, qui représente le pourcentage en poids de sucre du moût, nous avons utilisé un tableau de correspondance (GALET, 1993). Le degré d'alcool probable est une valeur théorique et cette valeur est calculée en multipliant la valeur de degré Brix par le facteur 0,588.

DESCRIPTION DES SITES EXPÉRIMENTAUX

L'expérience qui s'est déroulée au vignoble Sous les Charmilles (figure 1) comporte sept sites de trois ceps protégés par différents abris et un site de trois ceps laissés sans protection (tableau I). Quatre sites (A, B, C et D) sont aménagés dans un rang et les quatre autres sites (E, F, G et H) sont situés sur un autre rang à une distance de 4,6 cm du premier. Nous avons aménagé

Tableau I - Description des sites expérimentaux
Table I – Experimental site description

Sites	Types de protection
A	Sans protection (enlèvement de la neige naturelle)
B	60 cm de feuilles et neige naturelle
C	30 cm de feuilles et neige naturelle
D	30 cm de feuilles et neige rapportée
E	60 cm de feuilles et neige rapportée
F	40 cm de terre et neige rapportée
G	40 cm de terre et neige naturelle
H	Neige naturelle

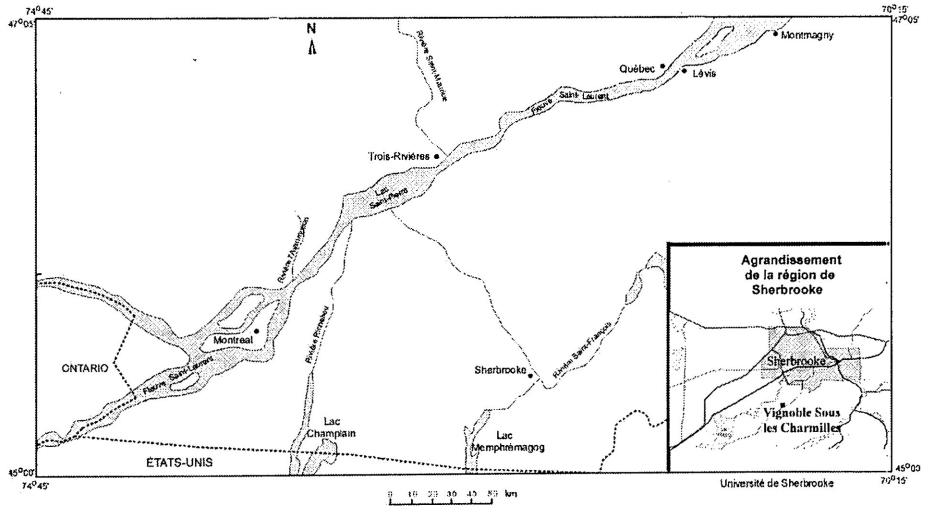


Fig.1 - Carte de localisation du vignobles
Vineyard location map

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

les sites B (60 cm de feuilles + neige naturelle) et E (60 cm de feuilles + neige rapportée) en édifiant les buttes de feuilles mortes de 60 cm de hauteur. Pour ces deux types de protection nous avons laissé les sarments redressés, en tenant compte que 60 cm de feuilles mortes devraient fournir une protection adéquate aux plantes contre le gel hivernal. Pour l'aménagement des sites C (30 cm de feuilles + neige naturelle) et D (30 cm de feuilles + neige rapportée), nous avons butté ces ceps avec 30 cm de feuilles mortes. Dans ce cas, les sarments ont été couchés et liés près du sol, comme le fait le vigneron de façon habituelle. Durant la saison froide, sur les ensembles de ceps B et C, nous avons laissé une couche de neige naturelle tandis que, sur les ensembles de ceps D et E, nous avons toujours conservé une couche d'une vingtaine de centimètres de neige, soit naturelle ou rapportée. Les sites F (terre + neige rapportée) et G (terre + neige naturelle) ont été buttés avec 40 cm de terre. Sur l'ensemble de ceps F, nous avons maintenu une couche de neige naturelle ou rapportée d'une dizaine de centimètres tandis que, sur l'ensemble de ceps G, seulement la neige naturelle a été conservée. Le site H a été protégé seulement avec la neige naturelle. Au site A, nous avons enlevé la neige durant toute la saison hivernale pour simuler un hiver sans neige et donc avec des conditions extrêmes.

Nous sommes conscients du nombre réduit de ceps par site soumis à l'expérimentation, mais nous étions contraints par la disponibilité de l'équipement. Il va sans dire qu'un plus grand nombre de ceps nous aurait permis d'obtenir des résultats plus précis. Néanmoins, nous croyons que les résultats obtenus reflètent bien la productivité des ceps versus les méthodes de protection expérimentées.

DESCRIPTION DU CÉPAGE

En 1998, la plantation comptait 5 cépages et 12 942 ceps. Les cépages cultivés et le nombre de ceps sont : Seyval blanc (10 090), Maréchal Foch (1 186), Vidal (636), Ortega (597) et Bacchus (433). Le Seyval a été planté en 1990. La densité de plantation est de 1 cep par 0,75 m linéaire avec des entrerangs de 2,30 m de largeur, ce qui représente 5 720 ceps par hectare.

Le cépage cultivé, le Seyval blanc ou Seyve-Villard 5-276, est un hybride français. La création de ce cépage a été réalisée en 1930 entre le Rayon d'or (Seibel 4986) et le Seibel 5656 (DE COUSSERGUES *et al.*, 1993). Il a été créé dans le but d'obtenir un producteur-direct, résistant au Phylloxera, et, bien qu'il soit généralement peu sensible aux maladies courantes de la vigne (VANDAL, 1986), ce cépage demeure quand même sensible à l'oïdium et à l'éclatement des baies (DUBOIS ET DESHAIES, 1997). Parmi les cépages blancs, le Seyval est le cépage dominant au Québec (72 % de tous les ceps) (DUBOIS, 1999). Le Seyval donne un raisin blanc, en général trop tardif pour le Québec (VANDAL, 1986). Les fruits parviennent habituellement à maturité entre les 15 et 30 septembre.

Le Seyval est résistant au *Botrytis cinerea* et surtout au Phylloxera et n'a pas besoin d'être greffé (DE KONINCK, 1993). Les grappes sont de grandes à très grandes dimensions (100-200 g), compactes et de forme cylindrique. Le grain est gros, de forme sphérique, doré et d'un goût vineux excellent (VANDAL, 1986). À l'époque de maturité, les fruits de cette variété peuvent contenir de 14,5 % à 20,5 % de sucre et de 0,75 % à 1,45 % d'acides totaux (VANDAL, 1986). Le vin issu de cette variété est parfumé et de très bonne qualité (DUBOIS ET DESHAIES, 1997).

La taille pratiquée sur ce cépage au vignoble Sous les Charmilles est une taille en gobelet. Cette taille basse permet de maintenir les ceps près du sol, ce qui facilité leur recouvrement de terre ou de feuilles pour l'hiver. Cette taille est bien adaptée aux cépages dont les bourgeons à la base sont régulièrement fertiles, comme c'est le cas avec le Seyval blanc (VANDAL, 1986). Durant le cycle végétatif, les vignes basses reçoivent plus de chaleur et donc plus de degrés-jours que les vignes hautes (GALET, 1993), ce qui favorise la maturation des fruits (VANDAL, 1986; GALET, 1993). Le nombre de sarments varie entre 3 et 5 pour la majorité des plants. Au printemps, au cours de la taille de la vigne, le vigneron laisse autour de 20 bourgeons à fruits par cep. Les bourgeons à fruits sont situés entre 20 cm et 40 cm de hauteur.

CONDITIONS CLIMATIQUES

L'hiver 1997-1998 a été très doux au Québec comme sur l'ensemble du territoire canadien. En fait, cet hiver se classe comme le deuxième plus chaud des 51 dernières années (ENVIRONNEMENT CANADA, 1998a). D'après ENVIRONNEMENT CANADA (1998b), les normales de température pour la région du Saint-Laurent qui couvrent les trois mois de l'hiver de décembre à février ont été plus élevée de 3,7 °C que la normale de température nationale. Cet écart se manifeste particulièrement au mois de février où sa valeur a atteint 7,7 °C. La plus basse température moyenne journalière de l'année de l'expérimentation apparaît au mois de janvier (-13,6 °C), elle remonte brusquement au mois de février (-10,5 °C) et, ensuite, elle remonte encore aux mois de mars, avril et mai, soit des valeurs de -7,6 °C, -0,3 °C, 8,2 °C respectivement.

Un autre phénomène s'est aussi produit durant l'hiver 1997-1998, soit la pire tempête de verglas de l'histoire canadienne. La tempête a frappé le sud-ouest

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

du Québec, du 5 au 10 janvier 1998. Durant 6 jours, il est tombé au total 100 mm de pluie verglaçante à Montréal (ENVIRONNEMENT CANADA, 1998c).

Le 7 janvier 1998, environ 70 mm de pluie verglaçante et de neige sont tombés. Étant protégée, la vigne n'a pas été affectée par la tempête de verglas. Même les ceps non protégés n'ont pas été affectés significativement.

Du 15 décembre 1997 au 3 janvier 1998, on observe une couverture nivale entre 33 et 40 cm. À partir du 4 janvier 1998, une période de fonte a été enregistrée et la couche de neige a diminué à 24 cm de l'épaisseur. Depuis le 16 janvier, l'épaisseur de la couverture nivale s'est maintenue entre 36 cm et 61 cm. L'épaisseur maximale de neige (61 cm) durant cette saison hivernale a été enregistrée le 26 janvier 1998. Une brusque fonte de neige a été observée du 23 au 25 mars 1998 et la couverture nivale a complètement fondu.

En comparant l'épaisseur de neige sur le site d'étude à la fin de chaque mois avec la normale climatique à Sherbrooke (1961-1990) (ENVIRONNEMENT CANADA, 1998d), on peut constater que l'hiver 1997-1998 a été plus abondant en neige. Le 31 décembre 1997, nous avons mesuré 7 cm de plus de neige que la normale climatique à Sherbrooke (33 cm). Également, le 31 janvier et le 28 février 1998, il y avait, respectivement, 12 cm et 1 cm de plus de neige que les normales climatiques qui sont pour ces deux mois de 41 cm. C'est seulement à la fin du mois de mars, à cause d'une brusque fonte de neige dues aux températures élevées et aux précipitations liquides, qu'il y avait 12 cm de moins de neige que la normale climatique pour la région de Sherbrooke (12 cm). Par contre, la durée d'enneigement (du 06-12-1997 au 25-03-1998) a été plus courte (110 jours) que la normale climatique (120 jours) (ENVIRONNEMENT CANADA, 1998d).

ÉTAT DE SANTÉ DES CEPS DÛ AU FROID

Nous avons pu constater des dommages plus importants sur les ceps non protégés (site A). Les bourgeons et les sarments ont été complètement gelés, sauf un sarment qui a bénéficié d'une certaine protection par la neige. Les bourgeons situés sur ce sarment ont débourré et permis un certain rendement. La reprise de croissance sur ces trois ceps non protégés a été possible grâce au développement des bourgeons situés sur le vieux bois. Les bourgeons développés ont donné naissance à des rameaux, appelés « gourmands », mais qui sont stériles.

Il semble que la majorité du système racinaire n'a pas subi de dommages importants, sauf les racines superficielles. Par rapport aux autres ceps expérimentés, la reprise de croissance a été retardée d'environ 20 jours. Nous n'avons pas aperçu de pourriture des bourgeons sur les ceps buttés, ce qui est mentionné comme un désavantage de ce type de protection (VANDAL, 1986). Il est probable que le fait que nous ayons effectué un buttage tardif (au début du mois de décembre) ait diminué considérablement le risque de la pourriture des bourgeons des ceps buttés.

ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

I. TEMPÉRATURES DE L'AIR SOUS LES ABRIS AMÉNAGÉS

La journée la plus froide de l'hiver 1997-1998 a été le 15 février 1998. La température a atteint -30°C à une hauteur de 30 cm au-dessus du sol (tableau II). La température minimale de l'air libre est enregistrée à 6 h 20. Mais, en fonction du type de protection et de la hauteur à laquelle les températures sont enregistrées sous les abris aménagés, les températures minimales peuvent être atteintes après 6 h 20. On peut donc observer le déphasage de l'onde thermique sous les abris aménagés par rapport à l'onde thermique en surface de l'abri. Ce déphasage est dû essentiellement à l'amortissement de l'onde thermique à travers des abris aménagés.

Si on prend comme référence le seuil de tolérance au froid mentionné par (BREAULT, 2000), le Seyval blanc devrait commencer à subir les dommages sérieux aux alentours de -23 °C. On peut constater que seulement un ensemble de ceps (ensemble de ceps F) à la hauteur de 50 cm au-dessus du sol conserve la température supérieure à cette limite (tableau II). Les autres ensembles de ceps sont exposés à une température inférieure à -20 °C durant 14 heures. À la hauteur de 40 cm au-dessus du sol, on trouve que quatre ensembles de ceps ont une température supérieure à -23 °C, soit les sites C, E, F et G. Également, ces quatre sites ont eu le régime thermique le plus favorable, c'est-à-dire que les températures sous ces types de protection ont été plus élevées que celle relevées sous d'autres types de protection. Par conséquent, les ceps des sites C, E, F et G ont eu le plus bas taux de mortalité de bourgeons (figure 2 et tableau III). D'autres sarments sont exposés à des températures inférieures à -20 °C (à la même hauteur) pendant 6 heures (le B) ou pendant 14 heures (l'ensemble de ceps A, H et D). Il faut aussi noter que la durée d'exposition à des températures inférieures à -20 °C influence grandement les dommages sur les ceps du Seyval blanc. On remarque que les ceps protégés à la hauteur de 30 cm et aux hauteurs inférieures conservent une température supérieure à -18 °C

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau II – Température minimale sous différents types de protection le 15-02-1998

Minimum temperature under different protection covers on 02-15-1998

Type de protection	Hauteur de thermocouple (cm)	Heure de l'enregistrement	Température minimale (°C)
A sans protection ; sarments non couchés	50	06 h 20	-28,1
	40	06 h 20	-29,0
	30	06 h 20	-30,1
	20	06 h 20	-29,3
	10	06 h 20	-20,2
	5	06 h 50	-10,1
	0	07 h 10	-3,4
B 60 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments non couchés	50	06 h 20	-30,6
	40	06 h 20	-23,4
	30	07 h 50	-18,2
	20	07 h 50	-13,8
	10	08 h 00	-8,3
	5	07 h 50	-4,1
	0	07 h 40	-0,4
C 30 cm de feuilles + neige naturelle; sarments couchés	50	06 h 20	-29,3
	40	07 h 10	-22,4
	30	07 h 50	-13,1
	20	09 h 00	-7,6
	10	09 h 00	-1,6
	5	08 h 50	-1,8
	0	08 h 00	0,6
E 60 cm de feuilles + neige rapportée; sarments non couchés	50	07 h 20	-27,4
	40	08 h 00	-15,5
	30	09 h 10	-8,8
	20	09 h 10	-3,1
	10	07 h 40	0,1
	5	07 h 20	0,7
	0	06 h 40	1,2
F 40 cm de terre + neige rapportée; sarments non couchés	50	06 h 20	-20,2
	40	08 h 50	-8,8
	30	08 h 50	-5,1
	20	11 h 20	-2,2
	10	7 h 00	-0,3
	5	06 h 50	-0,1
	0	06 h 20	0,12
G 40 cm de terre + neige naturelle; sarments non couchés	50	06 h 20	-26,3
	40	08 h 00	-10,9
	30	08 h 50	-6,3
	20	08 h 50	-3,0
	10	08 h 50	-0,9
	5	08 h 00	-0,3
	0	06 h 30	0,1
H Neige naturelle; sarments non couchés	50	06 h 10	-29,3
	40	06 h 20	-29,5
	30	07 h 20	-16,5
	20	08 h 50	-8,5
	10	08 h 50	-3,7
	5	08 h 00	-1,9
	0	07 h 50	-0,5

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

(tableau II). Donc, dans ce cas, les ceps ne devraient pas subir de dommage important. Par contre, dans le cas des ceps non protégés, la température de l'air à cette hauteur et à la hauteur de 20 cm est presque identique qu'à la hauteur de 50 cm. La durée de la température inférieure à -20 °C à ces deux hauteurs est de 5 heures 20 minutes. Donc, les bourgeons devraient être affectés par cette basse température.

Dans le cas des ceps protégés par la neige naturelle (site H, tableau II), alors que l'épaisseur du couvert nival était de 37 cm et que la température minimale de l'air libre était de -30,6 °C à 50 cm au-dessus du sol,

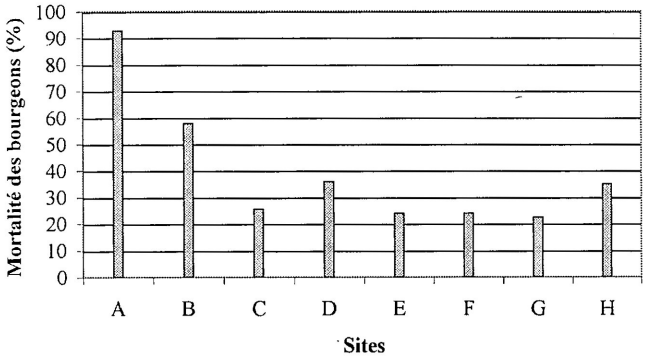


Fig. 2 – Mortalité des bourgeons à fruits pour chaque site

Fruit bud mortality for each site

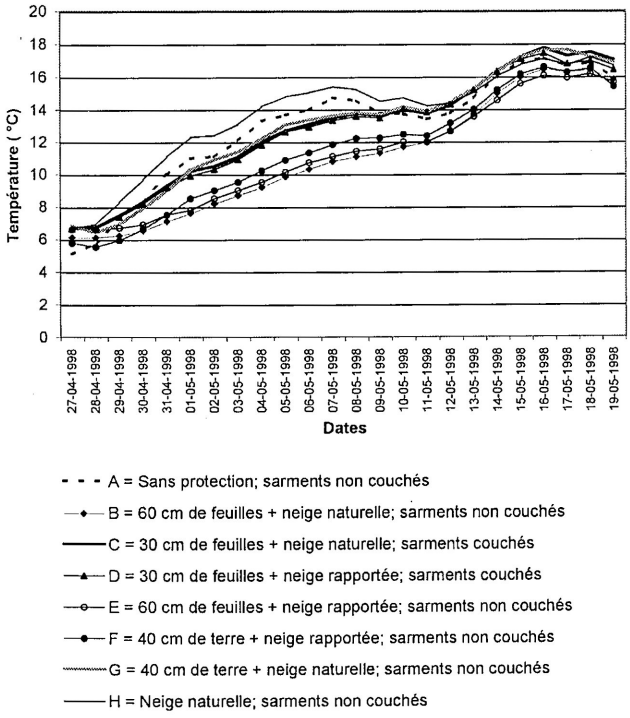


Fig. 3 - Température moyenne journalière à la hauteur de 30 cm du 27-04-1998 au 06-05-1998

Mean daily temperature at the 30 cm height from 04-27-1998 to 05-06-1998

la température enregistrée sous la neige naturelle, à la hauteur de 30 cm, a été de -16,5 °C. Donc, seulement 7 cm de neige ont permis un abaissement de température de l'ordre de 14,1 °C à la hauteur de 30 cm au-dessus du sol. Le même jour, au niveau du sol, sous les ceps protégés par la neige naturelle, on observe une température minimale de -0,5 °C. Donc, 30 cm de neige naturelle ont permis un abaissement de température de l'ordre de 30,1 °C. Ces données montrent clairement l'effet isolant de la neige naturelle.

II. TEMPÉRATURE DU SOL

La température du sol (0 cm) les 14 et 15 février 1998 (tableau II) nous montre que, sous les quatre types de protection, le sol a une température légèrement supérieure à 0 °C, soit pour les sites B (60 cm de feuilles + neige naturelle), C (30 cm de feuilles + neige naturelle), E (60 cm de feuilles + neige rapportée) et F (40 cm de terre + neige rapportée). Sous ces types de protection et dans toutes les couches du sol où la température est mesurée, la température demeure stable. Sous trois types de protection : D (30 cm de feuilles + neige rapportée), G (40 cm de terre + neige naturelle) et H (neige naturelle), les premiers 5 cm du sol ont une température inférieure à 0 °C tandis que, dans les couches plus profondes du sol, la température est positive et sans variation majeure. Sous l'ensemble de ceps A (sans protection), les premiers 50 cm du sol ont une température inférieure à 0 °C. Sous ce type de protection, on peut observer un déphasage de l'onde thermique : Les minima au sol apparaissent à des moments différents par rapport aux profondeurs données.

En général, lorsque la profondeur dans le sol augmente, l'ordre thermique se déphase par rapport à l'onde en surface et son amplitude diminue. Les températures minimales sont donc atteintes quelques heures plus tard aux profondeurs inférieures. Dans le cas de l'ensemble de ceps A (sans protection), l'amortissement de l'onde thermique se fait dans le sol tandis que, dans le cas des ceps protégés, l'amortissement de l'onde thermique se fait à l'intérieur des abris aménagés. Pendant la saison froide, les matériaux isolants utilisés dans le cadre de cette recherche (terre, feuilles et neige) induisent donc une hausse de la température du sol par un abaissement des échanges thermiques entre le sol et l'atmosphère ambiante. Cela explique la température basse enregistrée dans le sol sous l'ensemble de ceps A. Dans le cas de l'ensemble de ceps A, on peut aussi voir que l'amplitude des variations des températures journalières du sol est très dépendante de la température de l'air et elle est plus forte près de la surface du sol que dans les horizons inférieurs.

Étant donné qu'une grande partie du système racinaire de la vigne est situé aux profondeurs entre 30 et

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau III – Rendement des ceps

Vine stock yield

Sites	Numéro du cep	Charge en bourgeons	Nombre de bourgeons débourrés	Nombre de bourgeons non débourrés	Mortalité des bourgeons (%)	Mortalité moyenne des bourgeons (%)	Écart type
A Sans protection ; sarments non couchés	1	20	0	20	100	92,6	5,24
	2	18	0	18	100		5,24
	3	18	4	14	77,8		10,48
B 60 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments non couchés	4	14	8	6	42,9	57,8	10,54
	5	33	7	26	78,8		14,87
	6	31	15	16	51,6		4,34
C 30 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments couchés	7	13	8	5	38,5	25,6	9,09
	8	16	15	1	6,3		13,69
	9	28	19	9	32,1		4,62
D 30 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments couchés	10	44	29	15	34,1	35,8	1,21
	11	30	21	9	30,0		4,10
	12	30	17	13	43,3		5
E 60 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments non couchés	13	18	16	2	11,1	23,9	9,04
	14	22	16	6	27,3		2,38
	15	36	24	12	33,3		6,67
F 40 cm de terre + neige rapportée ; sarments non couchés	16	15	12	3	20,0	24,9	3.47
	17	31	23	8	25,8		0,63
	18	38	27	11	28,9		2,85
G 40 cm de terre + neige naturelle ; sarments non couchés	19	25	21	4	16,0	22,5	4,62
	20	36	25	11	30,6		5,67
	21	19	15	4	21,1		1,05
H neige naturelle ; sarments non couchés	22	10	7	3	30,0	34,9	3,44
	23	16	11	5	31,3		2,55
	24	30	17	13	43,3		5,99

50 cm, là où nous avons enregistré la température négative, on pourrait s'attendre à ce que les racines soient endommagées. Mais, elles ne l'étaient pas, car seulement une partie de l'eau gèle dans ces conditions. Dans les conditions *in situ*, il est impossible de vérifier à quelle température les racines de la vigne subissent des dommages. C'est seulement dans les conditions contrôlées que ce genre d'expérience peut se faire. De la même façon, il est impossible de déterminer la période de l'année où les racines de la vigne sont les plus sensibles.

La plupart du temps durant la saison hivernale 1997-1998, la température du sol sous les abris aménagés a été supérieure à 0 °C, sauf quelques jours où les premiers 5 cm du sol ont enregistré une température inférieure à 0 °C. Dans les premiers 30 cm du sol, sous les ceps non protégés, la température a été constamment inférieure à 0 °C, du 31 janvier 1998 au 16 mars 1998. Occasionnellement, la température du sol a été inférieure à 0 °C à la profondeur de 40 ou 50 cm. Il semble qu'une couche de glace de 30 cm, installée au sol à la fin du mois de janvier, a agi comme isolant thermique en empêchant la pénétration de l'onde thermique négative dans les horizons inférieurs.

Au printemps, à cause des matériaux isolants, le sol nu se réchauffe plus vite que le sol sous les abris aménagés. Sur la figure 3, on constate que le réchauffement du sol, à la profondeur de 30 cm, se produit plus rapidement sous l'ensemble des ceps H (neige naturelle) que sous les ceps non protégés, car le sol n'y était pas gelé. Du 9 au 12 mai 1998, on observe une baisse des températures sur les sites A (sans protection) et H (neige naturelle). Cette baisse de température pour d'autres types de protection a été constatée après l'enlèvement des abris, le 11 mai 1998. Ce phénomène s'explique par évaporation d'eau contenue dans le sol. Après le 12 mai 1998, on observe un fort réchauffement du sol et une uniformisation de la température au sol.

III. MORTALITÉ DES BOURGEONS À FRUITS

Il est bien connu que le nombre de bourgeons débourrés est un facteur qui conditionne le nombre des grappes et, par conséquent, la récolte. En général, il y a une relation directe entre la charge et le rendement. Lorsque la charge augmente, le rendement augmente aussi jusqu'à un certain optimum qui ne devrait pas être dépassé. Dans le cadre de cette recherche, on peut

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

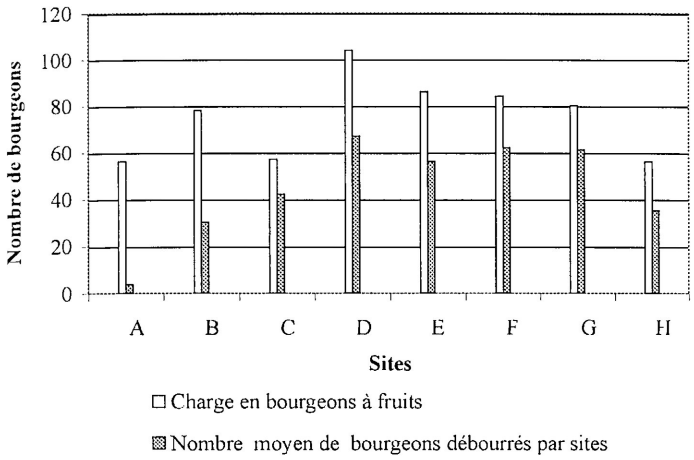


Fig. 4 – Charge en bourgeons à fruits et nombre moyen de bourgeons débourrés par site

Fruit bud load and average number of burst buds per site

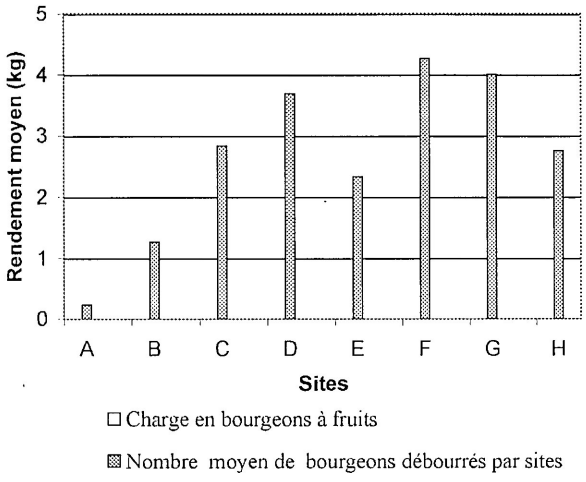


Fig. 5 - Rendement moyen en raisins par site

Mean raisin yield per site

voir que la charge en bourgeons à fruits a été assez élevée et que le nombre de bourgeons débourrés est généralement en étroite corrélation tant avec le type de protection qu'avec cette charge (tableau III et figure 4). Dans le cas des sites A (sans protection; sarments non couchés) et B (60 cm de feuilles + neige naturelle; sarments non couchés) la mortalité des bourgeons est plus élevée que les autres traitements (tableau III) et, par conséquent, les rendements sont les plus faibles (figure 5). Étant donné que la température de l'air durant la saison hivernale 1997-1998 a atteint -30 °C, on peut constater que, s'il n'est pas protégé, le Seyval blanc subit de sérieux dommages. Dans le cas de l'ensemble de ceps H (neige naturelle), nous avons obtenu un bon pourcentage de bourge<ons débourrés (65,1 %) et un bon rendement (2,8 kg/cep), malgré le fait que la charge était plus faible. Dans cet exemple, nous pouvons voir qu'une charge excessive est inutile, car un certain nombre de bourgeons reste latent. Dans le cas inverse, on peut observer le développement des yeux du vieux bois, lesquels sont généralement stériles et donc inutiles.

On peut constater aussi qu'une couche de la neige naturelle, si elle est suffisamment épaisse, comme c'était le cas lors de l'année de l'expérimentation, peut offrir une bonne protection contre le gel hivernal. Le meilleur pourcentage de bourgeons débourrés a été obtenu sur les ceps buttés (les sites F et G) et cela a été suivi par un bon rendement.

En vérifiant de façon visuelle le nombre de bourgeons débourrés, nous avons constaté qu'il n'y a pas de grande différence entre la date de débourrement des bourgeons par rapport au type de protection utilisé. Le débourrement est sous la dépendance étroite de la température de l'air et de la latitude. Également le cépage, la vigueur des souches et leur mode de conduite (système de taille, époque de taille) ont une influence considérable sur la date de débourrement des bourgeons, mais la température est le facteur le plus important. En général, les bourgeons commencent à débourrer lorsque la température journalière ambiante est supérieure à 10 °C durant cinq jours consécutifs (GALET, 1993). Dans le cadre de cette recherche, les températures moyennes ambiantes à la hauteur de 20 cm sous les types de protection A (sans protection), C (30 cm de feuilles + neige naturelle, D (30 cm de feuilles + neige rapportée), E (60 cm de feuilles + neige rapportée) et H (neige naturelle) ont été supérieures à 10 °C le 28-04-1998, tandis que les températures moyennes ambiantes sous les types de protection B (60 cm de feuilles + neige naturelle), F (40 cm de terre et neige rapportée) et G (40 cm de terre + neige naturelle) ont atteint 10 °C deux jours plus tard, soit le 30-04-1998.

IV. RENDEMENT EN RAISINS DES CEPS

En regardant le rendement en raisins des ceps expérimentés (tableau IV et figure 5), on peut constater qu'ils sont satisfaisants pour l'ensemble des ceps protégés. Par contre, les ceps non protégés n'ont eu aucun rendement, sauf un d'entre eux dont une tige a bénéficié d'une certaine protection par la neige. Les rendements moyens des ceps protégés vont de 1,26 kg (site B) à 4,26 kg (site F). Les meilleurs rendements obtenus sont ceux sur les ceps protégés par le buttage (sites F et G) avec, respectivement, 4,26 kg et 4,0 kg. Les ceps protégés par l'enfeuillage ont eu des rendements moyens très différents, allant de 1,26 kg (site B) à 3,68 kg (site D). On peut constater que les rendements obtenus sur les ceps protégés par les feuilles et dont les sarments ont été couchés (sites C et D) sont plus élevés que sur les ceps protégés par les feuilles et dont les sarments étaient redressés (sites B et E). Les sites C et D ont aussi eu un plus bas taux de mortalité de bourgeons que les sites B et E (tableau IV). Donc, on peut

ISVV

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau IV – Rendement des ceps
Vine stock yield

Sites	Numéro du cep	Nombre de grappes / cep	Rendement (kg)	Rendement moyen (kg)	Écart type	Rendement potentiel (t/ha)
A sans protection; sarments non couchés	1	-	-	0,23	0,16	1,3
	2	-	-		0,16	
	3	5	0,70		0,33	
B 60 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments non couchés	4	-	-	1,26	0,89	7,2
	5	8	1,50		0,17	
	6	13	2,30		0,74	
C 30 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments couchés	7	9	1,75	2,83	0,76	16,2
	8	13	3,0		0,12	
	9	16	3,75		0,65	
D 30 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments couchés	10	18	4,90	3,68	0,86	21,0
	11	15	3,50		0,13	
	12	13	2,65		0,73	
E 60 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments non couchés	13	8	1,50	2,33	0,59	13,3
	14	11	2,10		0,16	
	15	15	3,40		0,76	
F 40 cm de terre + neige rapportée ; sarments non couchés	16	16	3,90	4,26	0,25	24,4
	17	19	4,50		0,17	
	18	22	4,40		0,10	
G 40 cm de terre + neige naturelle ; sarments non couchés	19	15	4,25	4,00	0,18	22,9
	20	22	6,25		1,59	
	21	13	1,50		1,77	
H neige naturelle ; sarments non couchés	22	-	-	2,75	1,94	15,7
	23	15	2,50		0,18	
	24	21	5,75		2,12	

constater que le fait de coucher les sarments apporte un effet important.

Cependant, le rendement potentiel en raisins par hectare (figure 6) devrait être satisfaisant dans ces deux cas. Il est étonnant de voir un rendement potentiel relativement faible sur le site B (60 cm de feuilles + neige naturelle; sarments non couchés). Si l'on regarde la mortalité des bourgeons à fruits pour le site B, on peut constater qu'elle est assez élevée (57,8 %). La raison pour cette mortalité élevée pourrait, probablement être due à l'inclusion de petites branches dans les feuilles, ce qui a permis la pénétration de l'air froid jusqu'aux bourgeons à fruits. Il faut mentionner que l'enfeuillage se fait souvent avec du matériel hétérogène (feuilles, branches). Dans ce cas, d'autres facteurs auraient pu influencer le rendement des ceps comme, par exemple, le rendement de l'année précédente, la vigueur et l'état de santé des plants.

Les rendements potentiels par hectare pour les ceps protégés sont très élevés, allant de 7,2 t/ha (site B) à 24,4 t/ha (site F). Les principales raisons pour ces rendements élevés sont une charge excessive, la saison végétative prolongée en 1998 et l'absence de maladies.

V. TENEUR EN SUCRE

La teneur en sucre (degré Brix) dans le raisin récolté va de 11,9 % (sites C et E) à 16,2 % (site H) (figure 7). Si l'on compare cette teneur en sucre avec celle des cépages de *Vitis vinifera*, qui varient en moyenne entre 17 et 25 % (GALET, 1993), on peut constater que la qualité du raisin de Seyval blanc est inférieure à celle de cépages nobles. La teneur en sucre est très dépendante des conditions climatiques où la vigne est cultivée. Dans les travaux antérieurs, on mentionne une teneur en sucre pour le Seyval blanc allant de 14,8 % (vignoble expérimental de Vandal à Québec) à 19,1 % (Vineland, Ontario) (VANDAL, 1986). La teneur en sucre pour l'ensemble des ceps en expérimentation est de 13,8 % et elle est inférieure à celle obtenue par Vandal dans son vignoble expérimental à Québec. La principale raison pour cette faible teneur en sucre dans le raisin est un grand nombre de bourgeons laissés après la taille des ceps, c'est-à-dire une charge excessive. Nous avons vu ci-haut que les rendements potentiels par hectare des ceps protégés naturellement ou artificiellement sont supérieurs à 10 t/ha sauf pour les sites A (sans protection) et B (60 cm de feuilles + neige natu-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

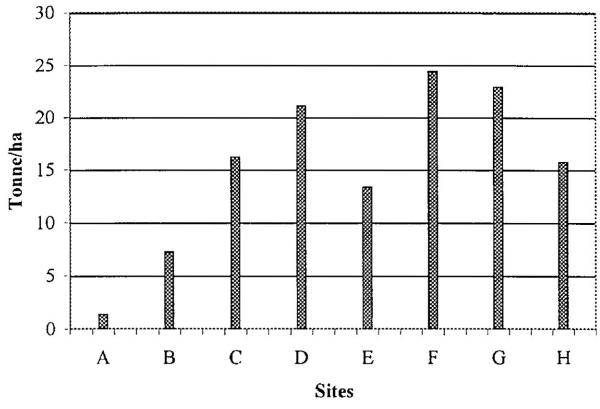


Fig. 6 – Rendement potentiel en raisins par hectare par site

Potential raisin yield per hectare and per site

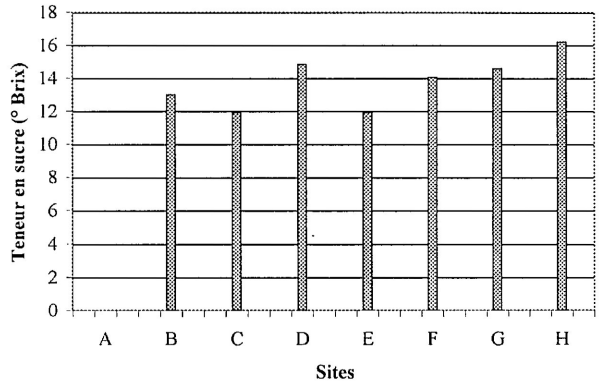


Fig. 7 – Teneur en sucre par site

Sugar content per site

relle) et il était à prévoir une faible teneur en sucre dans le raisin.

Mais comment expliquer le fait que les ceps avec le plus grand rendement aient eu la teneur en sucre la plus élevée? Il est possible que les ceps correctement alimentés, dans de bonnes conditions météorologiques (chaleur, ensoleillement, faible pluviosité estivale) et en absence de développement de maladies, peuvent donner un bon rendement et une bonne qualité de fruits. Sur la figure 7, on constate que les ceps des sites D (30 cm de feuilles + neige rapportée et sarments couchés) et H (neige naturelle) ont eu la meilleure teneur en sucre dans le raisin. Ce phénomène peut probablement s'expliquer par des dommages subis sur les tissus conducteurs. Les dommages peuvent être causés, dans le premier cas, au moment du liage des sarments et, dans le deuxième cas, par l'effet des basses températures sur les vaisseaux conducteurs. Les vaisseaux conducteurs de *Vitis vinifera* subissent des changements importants lorsque la température est inférieure à -17 °C (AUDRAN *et al.*, 1993). Étant donné que le Seyval blanc est un cépage plus résistant que les cépages nobles, les températures pouvant causer ces dommages devraient être inférieures à -17 °C. Les changements anatomiques des vaisseaux conducteurs modifient la circulation des matières produites par photosynthèse, de telle sorte que les sèves élaborées dans les feuilles, au lieu d'aller vers les racines, sont acheminées vers les fruits. Une meilleure alimentation des fruits a pour conséquence une teneur en sucre plus élevée (GALET, 1993). De cette façon, les rendements et la qualité de la vendange sont améliorés. Cependant, l'année suivante, on peut espérer une récolte et une qualité de fruits plus basses, à cause des faibles réserves des éléments nutritifs dans les racines. Les phytohormones des plants (auxines, gibbérellines, cytokinines, acide abscissique, éthylène) sont généralement impliqués dans ces processus de variation annuelle de rendement. En fait, d'après le vigneron, la qualité de la vendange fut excellente à l'automne 1999, mais c'est à cause de la taille sévère et des conditions météorologiques excellentes durant la saison végétative.

VI. DEGRÉ D'ALCOOL PROBABLE

Le degré d'alcool probable est étroitement relié au pourcentage de sucre contenu dans le raisin récolté. Sur le tableau V, on constate que les valeurs de degré d'alcool probable obtenues vont de 7 % (l'ensemble de ceps C et E) à 9,5 % (l'ensemble de ceps H). À cause du faible pourcentage de sucre dans le raisin récolté, il sera nécessaire de chaptaliser, ce qui permettra d'obtenir la valeur minimale d'alcool de 11 % dans le vin.

DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

Nous avons déjà mentionné que le Seyval blanc est un cépage dont la résistance au froid est située vers -23 °C. Dans le cadre de cette recherche, nous avons pu constater que, s'il n'est pas protégé, le Seyval blanc subit de sérieux dommages, principalement sur les bourgeons (primaires et secondaires) et sur les sarments, un peu avant que la température n'atteigne -30 °C. Mais, dans ces conditions non contrôlées nous n'avons pas pu déterminer le seuil exact de gélivité des bourgeons et des sarments. Le taux de mortalité des bourgeons à fruits des ceps sans protection a été presque de 100 %. Par contre, le taux de mortalité des bourgeons à fruits des ceps protégés a été satisfaisant, allant de 22,5 % à 35,8 %, sauf pour l'ensemble de ceps B (57,8 %) qui n'était pas aménagé de façon adéquate.

Les ceps protégés, sans égard au type de protection expérimenté, ont eu des rendements satisfaisants, allant de 7,2 t/ha à 24,4 t/ha. Donc, de ce point de vue, chaque type de protection expérimenté contre le gel hivernal peut assurer un bon rendement. Cependant, il faut mettre en évidence que les ceps buttés ont eu la plus basse

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2003, **37**, n°1, 1-13
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau V – Teneur en sucre

Sugar content and expected degree of alcohol

Sites	Densité de moût (g/L)	Teneur en sucre (g/l)	Degré Brix	Degré d'alcool probable
A sans protection; sarments non couchés	—	—	—	
B 60 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments non couchés	1060	130,0	13,0	7,6
C 30 cm de feuilles + neige naturelle ; sarments couchés	1056	119,1	11,9	7,0
D 30 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments couchés	1067	148,2	14,8	8,7
E 60 cm de feuilles + neige rapportée ; sarments non couchés	1056	119,1	11,9	7,0
F 40 cm de terre + neige rapportée ; sarments non couchés	1064	140,4	14,0	8,2
G 40 cm de terre + neige naturelle ; sarments non couchés	1066	145,6	14,6	8,6
H Neige naturelle; sarments non couchés	1072	161,6	16,2	9,5

mortalité de bourgeons à fruits ainsi que les meilleurs rendements. Le rendement des ceps non protégés est nul.

Les bourgeons à fruits et les sarments des ceps non protégés gèlent lorsque la température de l'air chute à -30 °C. Le vieux bois de ces ceps s'est avéré plus résistant et a permis la reprise de croissance au printemps. Les gourmands provenant de vieux bois ont été stériles et n'ont donc eu aucun rendement. Par contre, il semble que le système racinaire n'était pas affecté significativement par le gel au sol, ce qui a permis la reprise de croissance au printemps. Notre première hypothèse secondaire est aussi confirmée.

Le rendement des ceps en expérimentation est en étroite corrélation avec le pourcentage des bourgeons à fruits débourrés. En plus, on peut constater qu'il y a une corrélation entre le régime thermique du cep, le pourcentage de bourgeons à fruits débourrés et le rendement en raisin du cep. Par contre, la corrélation entre le nombre de bourgeons laissés après la taille de la vigne et le rendement est moins évidente car plusieurs bourgeons n'ont pas débourré d'eux-mêmes.

En faisant la comparaison entre le taux de mortalité et le rendement des ceps protégés par les feuilles mortes et dont les sarments ont été liés et couchés, et des ceps dont les sarments étaient redressés et protégés de la même façon, nous pouvons tirer deux conclusions. Le taux de mortalité moyen des bourgeons à fruits des ceps dont les sarments étaient redressés (40,8 %) est plus élevé que celui des ceps dont les sarments ont été couchés (30,7 %). Également, en faisant le test, nous avons constaté qu'il y a une différence significative entre le rendement moyen sur les ceps dont les sarments étaient couchés (3,25 kg) et celui sur les ceps dont les sarments étaient redressés (1,8 kg). Cependant, ces deux rendements, dépassent 10 t/ha et il faut se poser la question de la pertinence de cette opération. À notre avis, cette opération est inutile. Il faut aussi tenir compte du fait que le liage et le couchage des sarments représentent un travail pénible qui exige de la main d'œuvre et qui doit se faire, le plus souvent, dans de mauvaises conditions météorologiques tardivement à l'automne (basse température, présence de la neige au sol). Donc, il y a une différence entre les rendements obtenus sur les ceps dont les sarments étaient redressés et ceux des ceps dont les sarments étaient liés et couchés.

La neige, comme moyen de protection de la vigne contre le gel hivernal s'est avérée très efficace. Une couche de neige de 37 cm d'épaisseur a permis la protection des bourgeons à fruits lorsque la température de l'air a chuté à -30 °C. Le taux de mortalité des bourgeons à fruits (34,8 %) et le rendement des ceps protégés par le couvert nival (15,7 t/ha) sont aussi satisfaisants. Le seul problème relié à ce type de protection est la variation de l'épaisseur du couvert nival pendant l'hiver. Au début du mois de janvier 1998, nous avons pu observer une couche de neige de 24 cm d'épaisseur. Cette faible épaisseur de neige combinée à une température basse ne pourrait pas assurer la protection satisfaisante des bourgeons à fruits.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Il n'y a pas de grandes différences entre la date de débourrement des bourgeons par rapport au type de protection expérimenté. Le débourrement des bourgeons latents sur les ceps non protégés est retardé d'environ 20 jours.

Dans le cadre de cette recherche on peut constater que le rendement des ceps protégés est assez élevé et il est obtenu au détriment de la qualité des fruits. Le Seyval blanc, étant un cépage fertile, il ne doit pas être surchargé (bourgeons à fruits) car, dans ce cas, la vigueur de la plante et la qualité des fruits décroîtront. Également, ce rendement excessif aurait probablement comme conséquence une baisse de rendement l'année suivante, soit en 1999. Pour éviter les récoltes aléatoires, il est nécessaire de bien déterminer la charge des ceps.

Remerciements : Les auteurs remercient le Conseil des recherches en pêches et agroalimentaire du Québec (CORPAQ), pour le financement du projet et M. Georges DUCHARME du vignoble Sous les Charmilles, à Rock Forest (Québec), pour ses conseils, sa participation et sa disponibilité lors des prises de mesures. Nous remercions également M. Patrick CLICHE, du Laboratoire de spectroradiométrie de l'Université de Sherbrooke, pour l'installation de l'instrumentation et la cueillette des données ainsi que M. Hardy GRANBERG, professeur à l'Université de Sherbrooke, pour ses connaissances et son expérience dans le domaine de la neige. Finalement, nous remercions M. Paul GAGNON du département de Géographie à l'Université de Sherbrooke, pour la traduction du résumé ainsi que de la liste des figures.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUDRAN J.C., LEDDET C., DEREUDDRE J., AIT BARKA E. et BRUN O., 1993. Réponse de la vigne (*Vitis vinifera* L.) aux températures inférieures à 0 °C. I. Effets d'un refroidissement contrôlé sur des sarments aoûtés. *Agronomie*, **13**, 6, 491-498.

BREAULT A., 2000. Seyval blanc (Seyve-villard 5-276). Viticulture A & M inc., Brigham (Québec), 2 p.

CAMPBELL SCIENTIFIC CANADA CORP., 1989. *CR10 measurement and controle module, operator's manual.* Edmonton, 358 p.

CARRIÈRE G.B., JOLIVET Y. et DUBOIS J.-M.M., 2002. Formation et évolution des trous de fonte le long des sarments de la vigne : vignoble Sous les Charmilles, Rock-Forest (Québec). Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, *Bull. Recherche*, n° 161-162, 94 p.

DE COUSSERGUES C.-H., DIETRICH V. et BREAULT A., 1993. Principaux cépages. In Deshaies, L. et Dubois, J.-M. (réd.). Vins et vignobles artisanaux au Québec. *Géographes*, n°4, 49-52.

DE KONINCK R., 1993. Le vin et la vigne au Québec : bon goût et ténacité vigneronne. *Cahiers de géographie du Québec*, **37**, 100, 79-111.

DUBOIS J.-M., 1999. Les vignerons du froid. *ENA mensuel*, n°hors série, p. 118-119.

DUBOIS J.-M. ET DESHAIES L., 1997. *Guide des vignobles au Québec*. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 297 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1998a. Anomalies de la température d'hiver au Canada, Les dix années les plus chaudes et les plus froides pour la période de 1948-2002 www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin/rench/ttabna10.htm

ENVIRONNEMENT CANADA, 1998b. Bulletin des tendances et des variations climatiques pour le Canada. www.msc-smc.ec.gc.ca/bulletin/winter98/french/index.html

ENVIRONNEMENT CANADA, 1998c. Tempêtes de verglas 1998. www.smc-msc.ec.qc.ca/cd/events/icestorm98.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1998d. Normales climatiques au Canada 1961-1990. www.cmc.ec.gc.ca/climate/normals/F_QU_NDX.HTM

GALET P., 1993. *Précis de viticulture*. 6e éd., Imprimerie Déhan, Montpellier, 575 p.

JOLIVET Y., DUBOIS J.-M. et GRANBERG H., 1999. Évaluation de l'efficacité du cône de polystyrène 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., DUBOIS J.-M.M., 2000a. Évaluation de l'efficacité du buttage de la vigne comme méthode de protection contre le gel hivernal au Québec. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **34**, 3, 83-92.

JOLIVET Y. et DUBOIS J.-M.M., 2000b. Évaluation préliminaire de l'enneigement artificiel comme méthode de protection contre le froid hivernal au Québec. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **34**, 4, 155-167.

TELEBAK T., DUBOIS J.-M.M. et GRANBERG H., 2000. Évaluation des rendements en fonction de différents moyens de protection de la vigne contre le gel hivernal au Québec. Département de geographie et télédétection, Université de Sherbrooke. *Bull. Recherche*, n°150-151, 89 p.

THERRIEN S., 1999. Comparaison du régime thermique de la vigne sous différentes méthodes de phytoprotection contre le gel au vignoble Sous les Charmilles, Rock Forest (Québec). *Rapport de baccalauréat*, Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, 127 p.

VANDAL, J.O., 1986. *La culture de la vigne au Québec*. À compte d'auteur, Sainte-Foy, 143 p.

Manuscrit reçu le 23 mai 2002 ; accepté pour publication le 15 janvier 2003

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)