

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

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE POLYSTYRENE CONE AND GEOTEXTILE FABRIC FOR THE PROTECTION OF THE VINE AGAINST LATE SPRING FROSTS IN QUÉBEC FOR SMALL EXPLOITATIONS AND TREE PLANTATIONS

Y. JOLIVET, J.-M.M. DUBOIS* et H. GRANBERG

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

Résumé : Des mesures de température enregistrées à l'intérieur des parties aériennes du cépage *Vitis vinifera* L. var. Melon ont permis d'évaluer, lors de gels printaniers, l'efficacité de deux méthodes de phytoprotection : le cône de polystyrène et la toile géotextile. L'expérimentation s'est déroulée dans un vignoble situé près de la ville de Sherbrooke au Québec, durant les heures critiques (3 h 00 à 6 h 00, heure locale) le 14 mai 1994. Des mesures de températures intratisulaires ont été recueillies à l'aide de thermomètres électroniques insérés à l'intérieur des sarments et des troncs, et reliés à un système d'acquisition de données. Les résultats montrent que : 1) les températures les plus basses sont enregistrées dans les sarments et les troncs situés à proximité du sol pour les ceps sans protection ; 2) des deux méthodes de protection, le cône de polystyrène est celui qui est le plus efficace, car il maintient la température moyenne des sarments et des troncs de 1,7 °C au-dessus de ceux protégés par la toile géotextile ; 3) sous les deux types de protection, les températures les plus froides sont enregistrées dans les sarments les plus élevés ; 4) étant donné que les bourgeons fructifères sont plus nombreux vers le sommet des ceps, il devient nettement désavantageux d'utiliser la toile géotextile dans des circonstances de gel radiatif, car les températures y sont plus froides de 1,5 °C que dans le cas des sarments sans protection.

Abstract : Based on temperature measurements recorded within the aerial portions of the *Vitis vinifera* L. var. Melon vine variety during spring frosts, it was possible to evaluate the efficiency of two methods of phytoprotection : the polystyrene cone and geotextile fabric. Experimentation was carried out in a vineyard located near the City of Sherbrooke in Québec during the critical hours (3 h 00 and 6 h 00, local time), on May 14, 1994. Measurements of interstitial temperatures were acquired using electronic thermometers inserted into the vine shoots and trunks and relayed to a data acquisition system. Results show that: 1) the lowest temperatures are recorded in shoots and trunks located close the ground in the case of vine stocks without protection ; 2) of the two methods of protection, the polystyrene cone is the most efficient since it maintains the mean temperature of the shoots and trunks 1,7 °C above those protected by geotextile fabric ; 3) under both types of protection, the coldest temperatures are recorded in the highest shoots ; 4) since fruit buds are more numerous towards the summit of the stock, it becomes clearly disadvantageous to use geotextile fabric in case of radiative frost because temperatures are colder by 1,5 °C than in the case of shoots without protection.

Mots clés : vigne, protection contre le froid, régime thermique, gels tardifs

Key words : vine, protection against frost, thermal regime, late spring frosts

INTRODUCTION

Le froid est l'un des principaux phénomènes climatiques qui limite l'expansion de la vigne au Québec. Dans les régions où la majorité des 32 vignobles commerciaux sont concentrés, c'est-à-dire dans la région des Basses-terres du Saint-Laurent et celle du Piedmont appalachien (entre 45° et 47° de latitude nord), les minima hivernaux de janvier et février peuvent facilement atteindre -30 °C et, exceptionnellement, -35 °C. Cette contrainte incite, sinon oblige les viticulteurs à cultiver des variétés de vignes résistantes comme certains hybrides nord-américains dont la résistance au froid varie de -20 °C à -30 °C (GALET, 1988).

La courte saison de croissance au Québec contraint aussi les viticulteurs à cultiver des variétés hâtives dont le débourrement se fait tôt au printemps, habituellement en mai (DESHAIES, 1993 ; DUBOIS et DESHAIES, 1997). Cette pratique culturale expose les parties sensibles de la plante lors des gels tardifs printaniers. En cours de débourrement, les tissus des bour-

geons primaires et secondaires peuvent subir des dommages irréversibles à des températures variant de -2 à -3,5 °C (DEREUDDRE *et al.*, 1993). La jeune feuille issue d'un débourrement précoce est susceptible d'être endommagée par le gel à -4 °C (JACKSON et SCHUSTER, 1987), ou gèle lorsque la température de l'air s'abaisse en dessous de -2,5 °C pendant un temps suffisant pour désorganiser les tissus (GALET, 1988) (figure 1). Les jeunes feuilles, les inflorescences et les nouveaux sarments sont donc autant de parties du cep pouvant être détruites par les gelées tardives de printemps.

Étant donné des gels tardifs dans le sud du Québec et la fragilité des tissus à des températures légèrement inférieures à 0 °C, les viticulteurs doivent utiliser des méthodes de protection contre le froid (DUBOIS et DESHAIES, 1997). Dans cette perspective, le cône de polystyrène et la toile géotextile s'inscrivent comme deux méthodes pouvant être utilisées par des producteurs possédant un petit nombre de plants ou pour les pépiniéristes.

GEL PRINTANIER ET MÉTHODE DE PROTECTION

La probabilité d'enregistrer un gel au sol (0 °C) dans la région de Sherbrooke, où s'est faite l'expérience, en date du 13 mai, se situe à plus de 90 p. cent (OUELLET et LAPORTE, 1963). Les gels se manifestent de trois façons : les gels de type advectif, radiatif, ou un mélange des deux. Les gels advectifs sont le résultat d'une masse d'air froid dont l'intrusion provoque un abaissement des températures de l'air ambiant jusqu'au point de congélation. Par contre, les gels radiatifs sont le résultat d'une perte de chaleur au niveau du sol et par conséquent, provoquent le refroidissement des couches d'air à proximité du sol. L'emmagasinement de l'air froid près de la surface entraîne un fort gradient vertical de température qui peut être de l'ordre de 7 à 8 °C sur le premier 1,5 m (EDEY, 1977).

Au gel radiatif est associée une inversion de température. Ce phénomène se manifeste non seulement durant les nuits calmes et claires, mais lorsque le contenu en eau dans l'atmosphère est faible. L'eau absorbe le rayonnement thermique terrestre et réémet un contre-rayonnement en direction du sol. Même si l'équilibre thermique entre le sol et l'atmosphère dépend dans une certaine mesure des flux non-radiatifs (conductif, convectif et chimique) (GRANBERG *et al.*, 1992), le bilan radiatif net d'une surface la nuit permet de comprendre ce type de gel. Durant la nuit, si le rayonnement thermique émis par la surface est plus élevé que le contre-rayonnement atmosphérique (figure 2), en l'absence (ou presque) de flux de chaleur turbulent, la surface du sol se refroidit et abaisse la température de

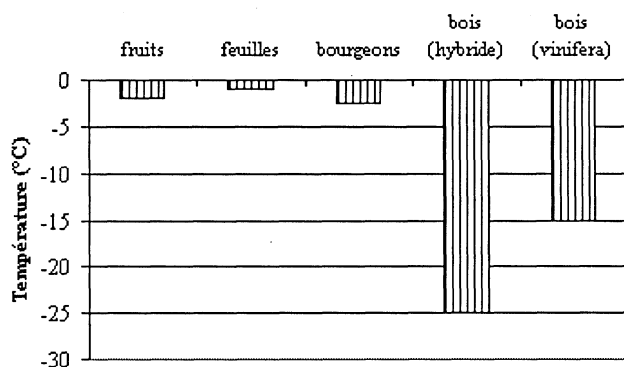


Fig. 1 - Résistance au froid des différentes parties aériennes de la vigne

Fig. 1 - Resistance to frost of the different aerial portions of the vine

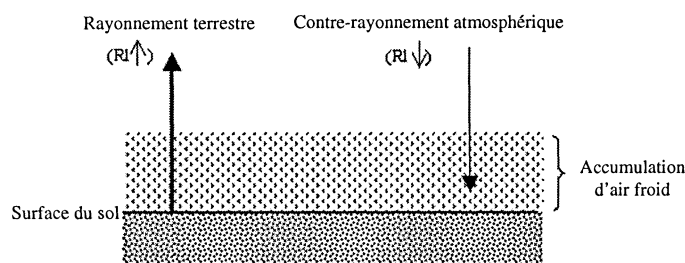


Fig. 2 - Schéma représentant les pertes et les gains de rayonnement lors de la formation de gels radiatifs

Fig. 2 - Graph representing radiation losses and gains during the formation of radiative frost

l'air près du sol. C'est manifestement cet état du temps qui était présent au vignoble des Trois Étoiles la nuit du 14 mai 1994. L'aéroport de Sherbrooke (situé à 241 m d'altitude) notait un ciel dégagé avec quelques passages nuageux et des vents calmes (moyenne de 8 km/h).

Le but évident des méthodes de lutte contre le gel est de maintenir la température de la plante au-dessus d'un certain point critique où des lésions tissulaires pourraient apparaître. Dans cette optique, la lutte contre le gel peut s'envisager de trois façons (OKE, 1987) : 1) retarder la perte d'énergie du système sol-plante-air par l'installation de couvre-plante comme la toile géotextile ou certains plastiques ; 2) redistribuer l'énergie existante à l'intérieur du système par l'utilisation d'un ventilateur ; 3) ajouter une ou des nouvelles sources d'énergie à l'intérieur du système par l'apport de moyens artificiels comme les brûleurs ou l'aspersion d'eau. Souvent la « cause-effet » de ces mesures de protection est mal connue par les utilisateurs, ce qui a souvent pour conséquence d'en diminuer leur efficacité.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'intervention effectuée dans le cadre de cette recherche se situe au premier niveau, c'est-à-dire de retarder ou de diminuer la perte d'énergie radiative en mettant les ceps sous abri. Pour ce, deux types d'abri furent utilisés : le cône en polystyrène (communément appelé « cône à rosier ») et la toile géotextile simple (figure 3). Le cône de polystyrène est un polymère rigide constitué d'une matière plastique. Sa faible conductivité thermique ($0,03 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) comparativement à d'autres matériaux (la pierre $2,19 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$, le bois $0,19 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) (OKE, 1987) en fait un matériau très utilisé comme isolant. La toile géotextile est



Fig. 3 - Vue du site expérimental avec les toiles géotextiles et les cônes de polystyrène

Fig. 3 - View of the experimental site with the geotextile fabric and the polystyrene cones

constituée de fibres synthétiques souples et poreuses permettant un échange d'air avec le milieu extérieur.

Les sarments et les troncs de douze ceps de 2 ou 3 ans de *Vitis vinifera* L. var. Melon ont été instrumentés avec des thermocouples (TC) de cuivre/constantan très fins (0,8 mm). Le système de mesure est relié à des boîtes de relais et à un système d'acquisition de données (figure 4).

L'instrumentation a été vérifiée en laboratoire avant la prise de données. Les capteurs ont été plongés dans un mélange d'eau et de glace distillée dont la température est connue et très près du 0°C . Après avoir vérifié si les températures enregistrées par les TC étaient bien celles prévues, nous avons placé la boîte de relais dans un congélateur à -15°C et laissé le micrologger CR10 à la température ambiante de la pièce (27°C). Les températures alors enregistrées par les TC n'ont varié que de $0,1^\circ \text{C}$. Le processus inverse a été réalisé (le CR10 à l'intérieur du congélateur et la boîte de relais à la température ambiante) et les mêmes résultats se sont produits. Dans les conditions environnementales où s'est déroulée l'expérimentation, nous croyons que la marge d'erreur due à l'instrumentation est minime et ne dépasse pas celle provoquée en laboratoire.

Étant donné le coût onéreux des instruments de mesure et la disponibilité des ceps pour l'expérimentation, nous avons installé des thermocouples sur 12 ceps. Chacune des deux méthodes de protection a été expérimentée sur 3 ceps-échantillons et 6 ceps ont été laissés sans protection (figure 5). Sur chacun des ceps, 5 sarments étaient porteurs des instruments à des hauteurs différentes par rapport au sol. Dans la nuit du 14 mai, les températures à l'intérieur des sarments ont été enregistrées à des intervalles de 30 secondes.



Fig. 4 - Vue du système d'acquisition de données :
1 : CR10 ; 2 : mémoire solide ; 3 : ordinateur portable ; 4 : interface ; 5 : puits d'instrumentation

Fig. 4 - View of the data acquisition system :
1 : CR10 ; 2 : solid memory ; 3 : portable computer ; 4 : interface ; 5 : instrumentation pit

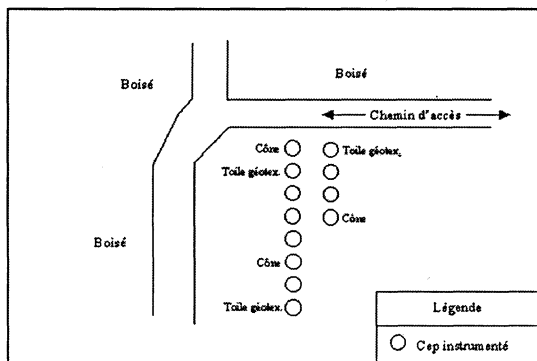


Fig. 5 - Schéma illustrant la disposition des cônes de polystyrène et de la toile géotextile sur le site expérimental

Fig. 5 - Graph showing the layout of the polystyrene cones and the geotextile fabric over the experimentation site

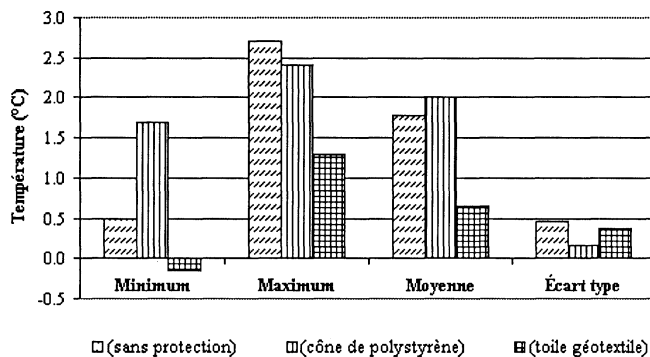


Fig. 6 - Statistiques sur la température le 14 mai 1994 (entre 3 h 00 et 6 h 00 ; heure locale), à une hauteur comparable des sarments à partir du sol, sous le cône de polystyrène et la toile géotextile, ainsi que les sarments, sans protection

Fig. 6 - Statistical analysis of the temperatures recorded on May 14, 1994 (between 3 h 00 and 6 h 00 ; local time), at comparable shoot height from the ground, under the polystyrene cone and the geotextile fabric, as well as for the shoots without protection

RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'après les résultats obtenus, des deux méthodes de protection contre le gel qui ont été utilisées, le cône en polystyrène est le plus efficace. Les sarments et les troncs protégés par le cône enregistrent les températures minimales les plus élevées et les plus stables (écart type de 0,2 °C) (figure 6). Sur la figure 7, on montre la température moyenne (entre 3 h 00 et 6 h 00, heure locale) des sarments et des troncs obtenue à différentes hauteurs par rapport au sol. Selon ces résultats, le cône de polystyrène maintient la température moyenne des sarments 1,5 °C plus élevée que la toile géotextile.

Nous avons déjà mentionné que le gel radiatif était le résultat de la différence entre le rayonnement thermique émis par sol et le contre-rayonnement atmosphérique. Le sol, émettant plus d'énergie qu'il n'en reçoit, se refroidit à une température inférieure à la température de l'air et entraîne le refroidissement de la couche d'air adjacent. On assiste dans ce cas à une stratification de l'air où l'air froid se concentre près du sol alors que l'air relativement plus chaud se retrouve juste au-dessus. C'est ce qui est montré à la figure 7 où les sarments et les troncs sans protection, qui se localisent à proximité du sol, sont les plus froids. Le gradient moyen de température sur 50 cm pour les sarments sans protection est de 2 °C. Par contre, sous les deux types d'abris, nous retrouvons un profil de température différent du milieu extérieur. Dans les deux cas, l'air chaud se situe à proximité du sol et les températures les plus basses se localisent au sommet des ceps. Pour comprendre ce phénomène, nous devons considérer que tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu émet de l'énergie radiative dont l'intensité est fonction de sa température. Le rayonnement émis au sommet de la toile géotextile et du cône de polystyrène entraîne la chute de température de l'air qui est enregistrée au sommet des deux types de protection (figure 8). L'inversion de température, dans ce cas précis, ne se situe plus au niveau du sol, mais plutôt au sommet des abris. La différence de température qui règne sous les deux types d'abris est liée à leur pouvoir isolant respectif.

De plus, au vignoble des Trois Étoiles, la taille des ceps est effectuée en gobelet. Cette technique de taille permet au cep de se maintenir sans l'aide de treillis ou toute autre forme de support. Il en résulte que la majorité des bourgeons fructifères se localisent entre

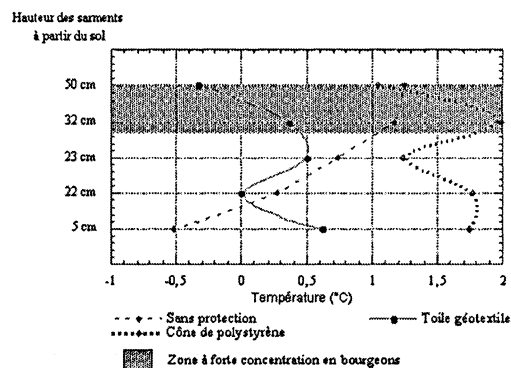


Fig. 7 - Température moyenne (entre 3 h 00 et 6 h 00 ; heure locale) des sarments à différentes hauteurs à partir du sol sous la toile géotextile, le cône de polystyrène et ceux sans protection

Fig. 7 - Mean temperature (between 3 h 00 and 6 h 00 ; local time), of the shoots at different heights from the ground under geotextile fabric, the polystyrene cone and for those without protection

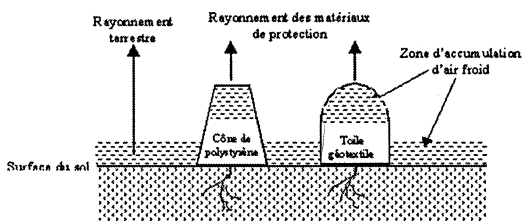


Fig. 8 - Schéma illustrant les zones d'accumulation d'air froid sous la toile géotextile et le cône de polystyrène ainsi que dans le milieu ambiant

Fig. 8 - Graph showing cold air accumulation areas under the geotextile fabric and the polystyrene cone as well as in the ambient environment

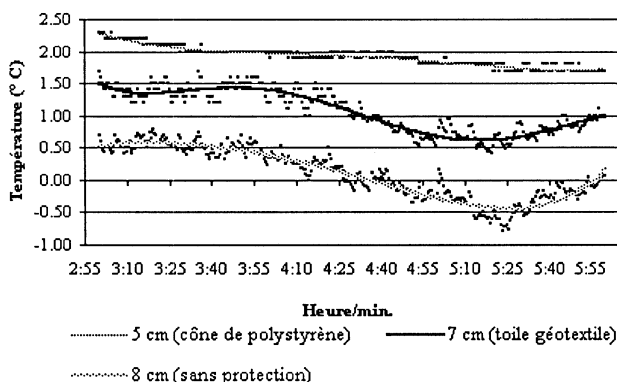


Fig. 9 - Températures des sarments situés à proximité du sol pour deux ceps protégés et un cep laissé sans protection, le 14 mai 1994 de 3 h 00 à 6 h 00 (heure locale)

Fig. 9 - Temperatures of shoots located close to the ground for two protected stocks and a stock left without protection, on May 14, 1994, from 3 h 00 to 6 h 00 (local time)

30 et 50 cm à partir du sol. Cette hauteur correspond justement à la zone où les températures sous la toile géotextile sont les plus froides (figure 7). Vu sous cet angle, la toile géotextile n'est d'aucune utilité puisque les températures froides dans sa partie supérieure mettent en péril les tissus encore fragiles des nouvelles pousses.

Ces résultats révèlent que les températures varient non seulement en fonction du type de protection, mais aussi en fonction de la hauteur des sarments par rapport au sol. Pour les sarments situés à proximité du sol, la toile géotextile et le cône de polystyrène sont tous deux efficaces, et maintiennent des températures de 1 à 2,5 °C (vers 5 h 30) supérieures aux sarments laissés sans protection (figure 9).

Par contre, l'utilisation de la toile géotextile s'avère inadéquate à protéger les bourgeons fructifères et les jeunes feuilles éloignés du sol de 30 à 50 cm. Les températures enregistrées au sommet des ceps sont inférieures

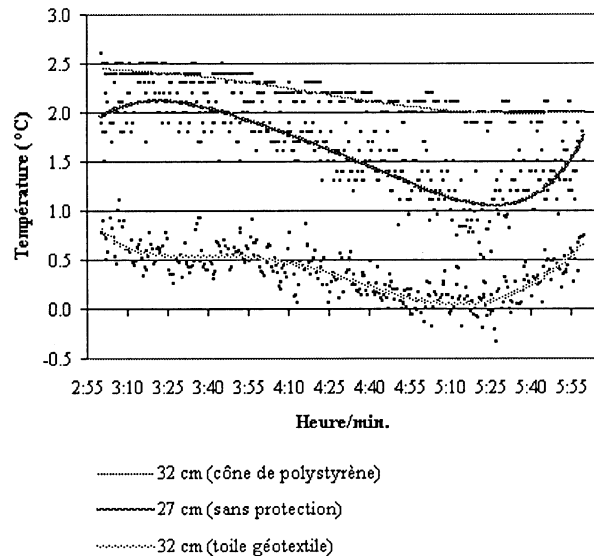


Fig. 10 - Températures des sarments situés à des hauteurs comparables pour deux ceps protégés et un cep laissé sans protection, le 14 mai 1994 de 3 h 00 à 6 h 00 (heure locale)

Fig. 10 - Temperatures of shoots located at comparable heights for two protected stocks and a stock left without protection, on May 14, 1994, from 3 h 00 to 6 h 00 (local time)

aux températures des sarments, à une hauteur comparable, de 1 à 1,5 °C à ceux laissés sans protection (figure 10).

Il faut noter que pour chacun des abris, les relevés de température sont différemment dispersés autour de la moyenne. Sur la figure 11 (entre 3 h 30 et 4 h 00, heure locale), on montre que la température des sarments sous le cône de polystyrène est fortement atténuée par son pouvoir isolant. Le polystyrène est un matériel rigide et imperméable au milieu extérieur, ce qui a pour effet, contrairement à la toile géotextile, de bloquer les échanges avec le milieu. Par contre, sous la toile géotextile le gradient de température qui existe entre la base du plant de vigne (air chaud) et son sommet (air plus froid) entraîne nécessairement un brassage d'air par convection, où l'air s'élève pour se refroidir au contact de la toile.

CONCLUSION

Finalement, mis à part les résultats obtenus, la faisabilité d'appliquer à grande échelle de tels types de protection n'est probablement pas réalisable, ne serait-ce qu'à cause du temps requis pour abriter les ceps, du coût de la main d'œuvre, de la durée de vie et du coût des matériaux. Les méthodes actives de lutte contre les gels radiatifs pour les grandes surfaces telles que l'aspersion d'eau, les brûleurs ou les ventilateurs demeurent encore les plus efficaces, puisqu'elles ont l'avantage

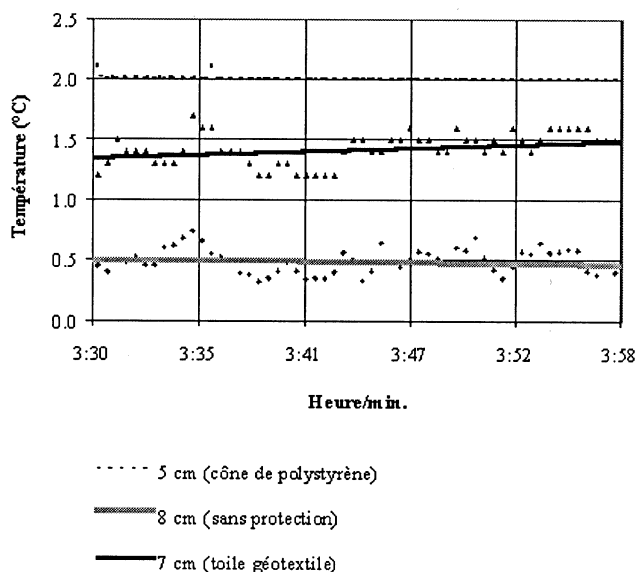


Fig. 11 - Variation des températures des sarments situés à proximité du sol pour deux ceps protégés et un sans protection, le 14 mai 1994 entre 3 h 30 et 4 h 00 (heure locale)

Fig. 11 - Temperatures variations of shoots located close to the ground for two protected stocks and a stock left without protection, on May 14, 1994, from 3 h 00 to 6 h 00 (local time)

de protéger une grande surface dans un minimum de temps, ce qui revient à un moindre coût à l'hectare.

Cependant, cette recherche nous a permis de démontrer l'importance des matériaux choisis dans la lutte passive contre le gel et certaines de ces méthodes, comme le cône de polystyrène, peuvent être intéressantes pour les petites exploitations ou pour les pépinières car elles sont efficaces jusqu'à 30 cm du sol. Dans le cas des petites exploitations, où le nombre de plants est limité, le cône de polystyrène pourrait prévenir les dommages et éventuellement limiter les dégâts causés par ce type de gel. Étant donné que le cône de polystyrène est déjà utilisé pour la protection des rosiers durant la période hivernale, il est alors pertinent de qu'il pourrait être utilisé à la même fonction dans le cas de la vigne.

La toile géotextile, bien qu'inefficace dans les circonstances étudiées, pourrait et devrait être modifiée afin d'en améliorer le rendement. En effet, le but de toute méthode passive de lutte contre les gels radiatifs ou d'inversion est de modifier le bilan radiatif afin de diminuer les pertes dans l'infrarouge thermique (de 3 à 15 μ) et que le résultat de l'équation du bilan radiatif net tende idéalement vers 0. Si, comme nous en avons discuté, la baisse de température est provoquée par la perte par rayonnement thermique au sommet de la toile

(en l'absence de flux turbulent), celle-ci pourrait être jumelée avec une pellicule d'aluminium qui, de par ses propriétés thermiques, diminuerait la perte de rayonnement de grande longueur d'onde.

L'intérêt de développer de nouvelles méthodes de protection des plantes contre le gel est important, non seulement pour la viticulture, mais aussi pour l'ensemble des producteurs de petits fruits, les pépiniéristes, les producteurs horticoles et tous ceux dont la culture pérenne est assujettie aux variations microclimatiques locales ainsi qu'aux changements climatiques futurs.

Remerciements : Les auteurs remercient le Conseil national de recherche du Canada et le vignoble des Trois Étoiles, à Rock Forest (Québec) pour l'aide financière ainsi que Patrick Cliche, du laboratoire de spectrométrie de l'Université de Sherbrooke pour son aide technique et Paul Gagnon pour la traduction en anglais.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DESHAIES L., 1993. Paysages viticoles et pratiques culturelles. In *Deshaies L. et Dubois J.-M. Vins et vignobles artisanaux au Québec. Géographes*, n°4, p. 53-58.
- DEREUDDRE J., AUDRAN J.C., LEDDET C., AIT BARKA E. et BRUN O., 1993. Réponse de la vigne (*Vitis vinifera* L.) aux températures inférieures à 0 °C. III. Effets d'un refroidissement contrôlé sur des bourgeons au cours du débourrement. *Agronomie*, 13, 509-514.
- DUBOIS J.-M.M. et DESHAIES L., 1997. *Guide des vignobles du Québec*. Les presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 297 p.
- EDEY S.N., 1977. *Probabilité des gelées automne et printemps. Publication n° 1565*, Agriculture Canada, station de recherche de Saint-Jean, Québec, 33 p.
- GALET P., 1988. *Précis de viticulture*. 4^e éd., Déhan, Montpellier, 586 p.
- GRANBERG H., OTTOSSON-LÖFVENTIUS M. et ODIN H., 1992. Radiative and aerodynamic effects of an open pine shelterwood on calm, clear nights. *Agricultural and forest meteorology*, n° 63, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, 171-188.
- JACKSON D. et SHUSTER D., 1987. *The production of grapes & wine in cool climate*. Butterworths Horticultural Books, Wellington (New Zealand), 192 p.
- OKE T.R., 1987. *Boundary layer climates*. 2nd ed., Routledge, London, 435 p.
- OUELLET C.E. et LAPORTE G., 1963. *Probabilité des températures gélives à sept stations du Québec*. Ferme expérimentale de l'Assomption, Ministère de l'agriculture du Canada, 24 p.