

Paramètres climatiques engendrant le gel des bourgeons
chez le Bleuet en Corymbe dans la région de Granby (Québec)

Travail réalisé dans le cadre du cours
Climatologie
GÉO-250-01

Présenté à

Monsieur Yvon Jolivet

Par

Nathalie Laplante

Université du Québec à Rimouski
Décembre 2003



Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement les conseillers, agronomes et producteurs qui ont contribué à l'acquisition des informations qui figurent dans cette étude : M. Roger Chicoine, conseiller-agronome pour le Club conseil du Corymbe, M. Normand Delisle, producteur de bleuets en Corymbe et président du Club conseil du Corymbe, Mme Ginette Laplante, conseillère en Petits fruits dans la région Montérégie Est (MAPAQ), M. Michel Lareau, producteur de bleuets en Corymbe et chercheur retraité de la station de recherche de St-Jean-sur-Richelieu (Agriculture Canada), M. Luc Urbain, conseiller-agronome dans la région Chaudière-Appalache (MAPAQ) et avertisseur pour le Réseau d'avertissement phytosanitaire (RAP) dans le domaine des Petits fruits.

1. Introduction

Les bonnes et mauvaises années climatiques se succèdent sans que nous ne puissions nous y opposer. Cependant, nous pouvons nous y adapter en optant pour des pratiques culturales favorisant un bon rendement agricole. La compréhension des paramètres spécifiques au climat régional, telles les températures et les variations de la couverture neigeuse, s'avère particulièrement importante dans le cas du bleuet en Corymbe (*Vaccinium corymbosus*). Au Québec, à cause des hivers rigoureux, cette culture peut subir des pertes de production importantes si une bonne régie des cultures n'est pas appliquée consciencieusement. Cependant, la production du bleuet en Corymbe est possible dans plusieurs régions du Québec grâce à l'expérience acquise par les producteurs et du transfert des connaissances entre les personnes impliquées. Lors des années de fortes productions, le bleuet génère des revenus élevés à l'hectare. Selon M. Luc Urbain, agronome et conseiller régional dans le domaine des petits fruits, ces forts rendements compensent les pertes subies lors des années moins productives.

La présente étude traitera d'abord des caractéristiques du bleuet en Corymbe. Les processus climatiques impliqués dans les phénomènes de gel en climat tempéré seront abordés pour ensuite discuter des capacités et des limites physiologiques des plantes à supporter les extrêmes de température minimale. L'étude des variations climatiques de la région de Granby (Province du Québec, Canada) depuis ces dernières années permettra de mieux cerner les facteurs pouvant influencer le gel des bourgeons du bleuet en Corymbe. Finalement, divers moyens seront proposés pour limiter les dommages liés au gel.

2. Caractéristiques du bleuet en Corymbe

Le bleuetier en Corymbe est une espèce arbustive fruitière pouvant facilement atteindre 1,20 m à 1,50 m à maturité, et même plus dépendant des variétés. Les racines peu profondes exigent un apport constant, mais non excessif, d'humidité. Il est préférable de

le cultiver sur un terrain léger et en pente pour assurer un bon drainage favorisant une aération adéquate du système racinaire. Pour une croissance optimale, cette culture exige un sol acide (pH 4,3 et 4,8).

L'hiver est une période cruciale et essentielle pour cette culture. En effet, bien qu'il soit sensible au gel prononcé, le bleuetier en Corymbe doit absolument subir 1 000 heures de températures sous les 0 °C. Par la suite, la dormance peut être brisée si les conditions environnementales sont favorables¹. Cette nécessité n'autorise pas les excès et, pour limiter les dégâts, il est important de bien connaître les phénomènes climatiques.

3. Processus climatiques généraux

TRANSFERT DE CHALEUR

La productivité agricole d'une région dépend, en grande partie, de la quantité de chaleur et de lumière reçue, absorbée, émise et utilisée dans les transferts d'énergie. Le rayonnement solaire est converti en chaleur par son absorption par les plantes, le sol ou toute autre surface. Mais le sol terrestre émet aussi des radiations libérées par ses surfaces, qui sont non visibles et se situent dans les infrarouges. Lorsque l'énergie émise par une surface est supérieure à l'énergie qu'elle absorbe, elle devient plus froide (et vice versa). L'air est très peu conducteur et ne peut être réchauffé ou refroidi que par les transferts de chaleur par contact avec les surfaces. Si le bilan radiatif net est positif, une quantité d'énergie est disponible pour faire un travail convectif qui se traduit par le déplacement de l'air. S'il est négatif, il y a refroidissement des surfaces et de l'air adjacent. L'air froid et dense s'empile près du sol, le transfert convectif est arrêté et il y a risque de gel au sol.

NÉBULOSITÉ

Dans les régions tempérées, les temps ensoleillés d'hiver sont froids et les temps couverts sont plus doux. En effet, les nuages, composés de gouttelettes d'eau, captent les

¹ La dormance et le débourrement sont abordés dans la section sur les aspects biologiques.

infrarouges émis par la terre et les réémettent vers le sol. Lorsqu'il y a une haute pression, le ciel est dégagé et le vent est calme. Les gains calorifiques emmagasinés pendant le jour sont alors perdus dans l'atmosphère pendant la nuit. C'est par nuit dégagée que les températures sont les plus froides puisqu'il y a peu de radiations réchauffant les surfaces et qu'il n'y a pas de nuage pour les absorber et les réémettre vers le sol. Ce refroidissement a souvent pour conséquence un phénomène d'inversion de températures.

INVERSION DE TEMPÉRATURES

Dans la troposphère², la température de l'air refroidit habituellement avec l'altitude. Cependant, il arrive que les couches d'air près du sol soient plus froides que celles qui se trouvent au-dessus. Ce phénomène est appelé une inversion de températures. Cela se produit lorsqu'un sol froid refroidit l'air en contact avec sa surface, ce qui limite les échanges convectifs. L'air au-dessus de la couche d'air froid est peu affecté et demeure à une température plus élevée, ce qui a pour résultat que l'air froid s'empile près du sol. Les longues nuits hivernales pendant lesquelles le ciel est dégagé, où l'air est sec et calme, sont les plus sujettes aux inversions de températures. C'est lors de ces nuits que les plantes sont les plus affectées par le gel de type radiatif. L'accumulation d'air stagnant au sol par période sans vent peut aussi engendrer de graves dommages lors de la floraison printanière. En effet, les fleurs sont une partie de la plante très peu tolérante au gel en raison de leur contenu élevé en eau qui mène à la formation de cristaux de glace qui endommagent les cellules.

RELIEF ET CHOIX DU SITE

Pendant la nuit, une inversion de températures au sol peut aussi se produire lorsque l'air froid, plus dense que l'air chaud, coule vers le creux d'une vallée. La température en haut du versant devient donc supérieure à celle de la vallée. Des différences de plus de 4°C sont fréquemment enregistrées entre le haut et le bas de la colline. Le site de la culture doit donc se situer de préférence sur la pente, pour faciliter l'écoulement de l'air. Une pente de seulement 1,5% à 3% suffit. Sur le site, tout dénivellement ou vallon deviennent

² La troposphère est la couche de l'atmosphère dans laquelle nous évoluons et où se produisent les principaux événements climatiques.

des points d'accumulation d'air froid. À l'automne, les températures peuvent varier de 9 °C entre le bas et le haut de la pente. Le gel peut donc arriver trois semaines plus tôt sur le site en bas de la pente, ce qui peut affecter le degré d'acclimatation au froid des plantes.

Le relief affecte aussi grandement le transfert du flux radiatif. C'est ainsi qu'une plante se trouvant sur une pente qui fait face au sud recevra plus de chaleur du soleil et sera moins affectée par le gel que celle qui est sur une pente qui fait face au nord. Par exemple, à une latitude de 48° N, à la fin septembre, une pente face au sud et inclinée de seulement 15 degrés reçoit 22,5 % plus de radiations solaires qu'un terrain plat. Dans le même contexte, une pente de 15 degrés d'inclinaison et située au nord recevra 30% moins de radiations qu'un terrain plat, soit 50% moins que la pente au sud.

Selon l'emplacement, il peut se former un microclimat, c'est-à-dire une étendue réduite (1 cm à 100 m) où règnent des conditions climatiques différentes du climat régional. Les cultures de bleuets s'étendent souvent sur des espaces réduits. Elles sont donc susceptibles de se retrouver dans un microclimat ayant un impact positif ou négatif sur la culture. Même une partie de la bleuetière peut avoir un microclimat différent par rapport au reste de la plantation, à cause d'une dénivellation différente ou un éclairci qui l'expose au vent. Après le climat régional, l'emplacement de ces cultures est un des premiers facteurs auquel il faut s'attarder lors de leur implantation. Puisqu'un microclimat se trouve à l'échelle humaine, il est possible de le modifier en partie par certaines pratiques culturales dont il sera question à la fin de ce document dans les « Moyens pour réduire les risques de gel des bourgeons ».

VENT

Les grands vents d'hiver peuvent causer des dommages en asséchant les bourgeons situés dans la partie supérieure de la tige. Ces bourgeons sont souvent dépourvus de couvert nival (couverture neigeuse) qui pourrait les protéger. Les cultivars ayant un port buissonnant sont à conseiller au Québec. Les bourgeons à fruit s'y retrouvent sur l'ensemble du plant et peuvent bénéficier de la protection du couvert nival. Les fronts

d'air froid peuvent aussi apporter des masses d'air provoquant des gels de type advectif, qui peuvent aussi être très meurtriers pour les plantes. Il faut noter que, dans ce cas, c'est l'arrivée d'air froid, et non le vent comme tel, qui peut engendrer de s dommages liés au gel. Il ne faut pas oublier que lorsqu'on parle du facteur de refroidissement en météorologie, ce dernier ne s'applique qu'aux animaux à sang chaud (endothermes), comme les humains. Les plantes n'ont pas besoin de maintenir une température «corporelle» constante. Elles peuvent se maintenir à la température ambiante jusqu'à un seuil limite où leur contenu en eau forme des cristaux de glace, brisant ainsi leurs cellules³.

NEIGE

La neige est un mauvais conducteur, à cause de son contenu élevé en air. Elle ne transmet pas la chaleur qu'elle absorbe, ce qui en fait un bon isolant. Elle retient ainsi la chaleur émise par la surface terrestre, ce qui empêche le sol de geler en profondeur et protège les parties de la plante recouverte. Lors de température ambiante de -30 °C, une trentaine de centimètres de neige suffit pour maintenir la température de la surface du sol à peine sous le point de congélation. Les rendements dans les bleuetières peuvent être multipliés par facteur de 1,23, 2,3 et 4,33 pour un couvert de neige étant respectivement de 15 cm, 30 cm et de plus de 30 cm. Cela est particulièrement important pour les racines du bleuétier, qui ne supportent pas le gel. En plus de son rôle protecteur, la neige constitue une bonne réserve d'eau lorsque les conditions favorables sont revenues et que la croissance doit reprendre. Malheureusement, l'accumulation de neige au Québec est irrégulière et elle est sujette à la sublimation et à la poudrerie, ce qui réduit la fiabilité de son rôle protecteur.

En calculant la fréquence des combinaisons de ces phénomènes, le climat d'une région peut être défini. Ainsi, la région de Granby se situe au 45° 22' de latitude Nord au sein d'un climat tempéré. Cela signifie que les hivers sont froids, les étés sont chauds et les précipitations sont réparties de manière assez uniforme. En ce qui concerne les productions végétales, leur capacité à subsister sous ce climat comporte des variabilités liées aux caractéristiques propres à chacune.

³ Cet aspect est discuté plus en détails dans la section sur les aspects biologiques.

4. Climat et végétation

Il faut bien distinguer la rusticité au froid du bleuets en Corymbe de celle du bleuets nain. Le bleuets nain est une espèce arbustive basse et indigène qui est mieux adaptée à nos régions. Elle peut donc se cultiver plus au nord, dans la région du Saguenay/Lac St-Jean notamment. En Montérégie, le bleuets en Corymbe se trouve à la limite nord de son aire d'adaptation. La sévérité des hivers froids et la présence de microclimats déterminent la viabilité de ses bourgeons et la disponibilité de ce fruit. Des pertes importantes de bourgeons à fruits sont constatées lorsque les températures descendent sous les $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Il est donc important de sélectionner le cultivar le mieux adapté au site pour prévenir les dommages liés au gel. Le concept des zones de rusticité est un point de départ pour faire ce choix (figure 1).

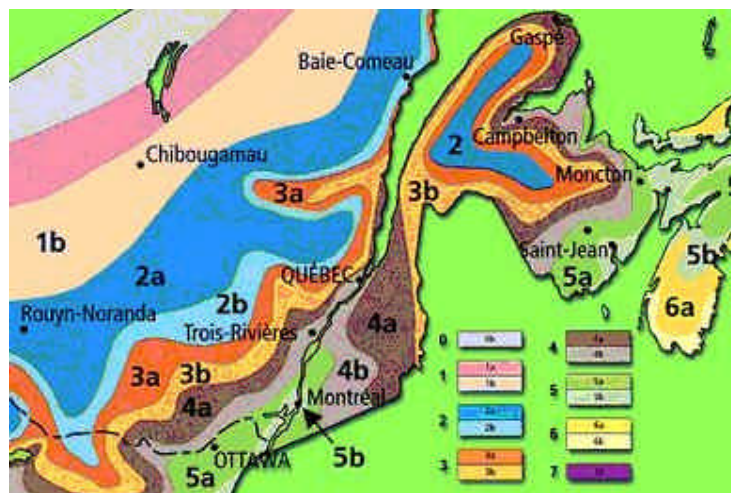


Figure 1: Carte des zones de rusticité
(Image : Mondor, 2003)

Ces zones sont établies selon la capacité d'une culture à subsister sous un climat donné en considérant les températures minimums moyennes. Dépendant des variétés cultivées au Québec, la rusticité du bleuets en Corymbe varie entre les zones 3 et 5. La région de Granby se situe dans la zone 4b, qui comprend les Cantons de l'Est et le centre du

Québec. Il n'est généralement pas conseillé de cultiver les plantes classées dans une zone plus élevée sans protection.

Cependant, ce concept ne tient compte ni des microclimats locaux ni de l'épaisseur et de la constance de l'accumulation de neige. Il ne donne qu'une idée générale des zones plus rigoureuses et des plantes qui peuvent y être cultivées sans problème. Il ne faudrait pas oublier que le bleuet en Corymbe est une plante vivace et que les températures moyennes sont moins importantes que la probabilité d'exposition à des températures minimales extrêmes. Donc, la meilleure méthode serait de déterminer le niveau de protection par le couvert nival et la fréquence des températures minimales sévères qui sont susceptibles d'occasionner des dommages sur le site voulu.

Les plantes ne réagissent pas nécessairement de la même manière suivant la séquence des événements climatiques qui leur auront permis ou non de se préparer aux stress hivernaux. C'est pourquoi une analyse plus poussée de la physiologie des plantes liée à ces phénomènes, puis des événements climatiques au cours des dernières années, s'avère nécessaire pour définir les paramètres climatiques qui sont responsables du gel hivernal des bourgeons à fruit chez le bleuet en Corymbe.

5. Le gel et les aspects biologiques

À la fin de l'été et au cours de l'automne se développent les bourgeons floraux qui devront passer l'hiver et qui assureront la production de fruits de l'année suivante. Ils se forment 60 à 90 jours après la floraison de l'année et sont les 5 à 8 derniers bourgeons des tiges qui ont terminé leur croissance. C'est à ce moment que les bourgeons à fruits accumulent des réserves avant l'arrivée des premières gelées. C'est ce qu'on appelle l'aoûtement, c'est-à-dire la préparation du plant à l'hiver et à la production de fruit de la saison prochaine.

Le plant de bleuet en Corymbe requiert environ 140 jours de croissance sans gel pour compléter son cycle de croissance. La saison de végétation a donc un impact sur la capacité du plant à résister au froid hivernal. Une saison plus courte diminuera l'investissement d'énergie alloué à la formation des tissus, comme les bourgeons, et la production de réserves pour l'hiver.

Dans la plupart des cultivars, la résistance au gel d'un plant se situe autour de $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ et les variétés les plus rustiques supportent des températures de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cependant, dépendant de la partie de la plante, les tissus seront affectés par le gel à des températures différentielles. Les bourgeons à fruits sont plus sensibles au froid, puisqu'ils peuvent geler à $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Par contre, en raison de leur contenu élevé en eau, les tissus en croissance ne peuvent s'acclimater au froid et sont endommagés à $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. C'est pourquoi des processus d'acclimatation déclenchés par les variations saisonnières se mettent en place pour protéger le plant du froid hivernal.

CRISTALLISATION EXTRA CELLULAIRE

C'est la formation de cristaux de glace à l'intérieur des cellules végétales qui cause des dommages par le gel. Si le taux de refroidissement est suffisamment lent, les cristaux de glace se formeront à l'extérieur de la cellule, où l'eau a un point de congélation plus près de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en raison de sa faible concentration en solutés. La glace formée exerçant moins de pression sur la cellule, l'eau intracellulaire aura tendance à migrer par osmose hors de la cellule et à former d'autres cristaux extracellulaires. Cette sortie d'eau augmente la concentration des solutés intracellulaires, ce qui diminue le point de congélation cellulaire de 1 à $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ et déshydrate la cellule. C'est pourquoi, en l'absence de formation de cristaux de glace intracellulaires, les stress dus au froid ont des effets similaires aux stress hydriques. Si le réchauffement se fait graduellement, les cellules ayant résisté réabsorbent l'eau et retrouvent leur volume initial.

SURFUSION

Un tissu végétal peut être refroidi bien plus bas que le point de congélation sans formation de cristaux de glace apparente. Ce phénomène, appelé surfusion, se produit

lorsque le liquide intracellulaire ne possède pas de germe de nucléation pouvant initier la formation de glace. La température minimale à laquelle l'eau pure sans germe de nucléation demeure liquide est $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Des expériences ont montré que les tissus des arbres et des arbustes bénéficient fréquemment de la surfusion à des températures de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. D'autres processus permettent aux plantes de survivre aux hivers québécois qui sont souvent encore plus rigoureux.

Mentionnons qu'il y a une différence importante entre l'acclimatation et l'adaptation, ce qui peut porter à confusion. L'adaptation est une qualité intrinsèque et transmissible propre à des plantes indigènes, qui sont *adaptées* à leur climat d'origine. L'acclimatation est une propriété non innée qui s'acquiert au cours de la vie d'une plante. Dans le cas qui nous intéresse, c'est la phase préparatoire qui permet à la plante d'acquérir des attributs lui permettent de résister au gel, jusqu'à un certain degré, et qui est déclenchée par des signaux environnementaux. Si ces signaux arrivent trop tardivement ou ne stimulent pas suffisamment la plante, l'acclimatation pourrait être insuffisante et, par conséquent, l'endurcissement au froid serait diminué.

Chez les arbustes fruitiers peu rustiques, comme le bleuet en Corymbe, l'acclimatation aux conditions défavorables de l'hiver se fait en deux étapes : endurcissement au froid et l'acquisition de la tolérance au gel.

ÉTAPE 1 : ENDURCISSEMENT AU FROID ET DORMANCE

En présence de lumière et de températures de $10\text{ à }12\text{ }^{\circ}\text{C}$, cette première étape permet déjà d'atteindre une résistance au froid de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour les plantes ligneuses. Elle commence en automne avec l'entrée en dormance des bourgeons, avant la chute des feuilles. La dormance est un ralentissement des processus métaboliques de la plante qui amène l'arrêt de la photosynthèse et de la croissance. Elle semble être sous le contrôle des phytochromes. Ces derniers sont des pigments qui captent la lumière et détectent l'augmentation de la période nocturne. Après l'entrée en dormance, les feuilles tombent, ce qui minimise les dépenses métaboliques.

Des signaux environnementaux déclenchent donc l'entrée et la levée de la dormance. Cependant, pour être « activé », un bourgeon dormant de bleuet nécessite une période de 850 à 1 000 heures (35 à 45 jours) de températures sous 0 °C. C'est pourquoi il n'y a pas d'éclosion des bourgeons, même si un redoux survient en novembre et en décembre. Le bourgeon ne réagit pas à ces conditions, en apparence favorables, à cause de la présence d'inhibiteurs endogènes dont l'élimination est nécessaire pour mettre fin à la période de dormance. Les inhibiteurs de la croissance s'accumulent surtout dans les écailles, qui protègent le méristème du bourgeon de la dessiccation et les isolent des variations de température. Chez les plantes ligneuses, l'identité de cet inhibiteur n'est pas encore connue, mais on pense que ce pourrait être l'acide abscissique (ABA) en se basant sur des études sur les plantes herbacées. Cette hormone a aussi un rôle stimulateur dans la mise en réserve de protéines.

Par contre, la levée de dormance avant la fin des jours froids peut se produire surtout lors de fluctuations rapides de température en février, mars ou avril. Par exemple, une période de 2 à 4 jours avec des températures au-dessus de 0 °C suivie du retour de journées très froides entraînerait des dommages dus au gel, puisque la plante perdrait alors son durcissement au froid.

Un phénomène semblable a déjà été répertorié dans le pommier. En février 1981, les pommiers ont subi une période de 9 jours avec des températures maximales se maintenant au-dessus de 8 °C. Les températures du 22 février furent particulièrement chaudes puisque le mercure a grimpé jusqu'à 16,5 °C et est demeuré au-dessus de 8,5 °C pendant la nuit. Les pommiers ont débourré et ont perdu leur durcissement au froid. Les 16 et 19 mars, des températures de -10 °C à -14 °C ont été enregistrées et ont contribué à la mortalité d'un grand nombre de pommiers, devenus vulnérables. Pourtant, ces pommiers sont considérés comme rustiques dans plusieurs régions du Québec mais la dormance n'offrait plus la protection habituelle.

ÉTAPE 2 : TOLÉRANCE AU GEL

L'exposition aux premières gelées déclenche la seconde étape adaptative qui consiste en un ensemble de changements métaboliques permettant une tolérance maximale au froid. Entre autres, l'amidon est converti en glucides simples solubles, ce qui contribue à abaisser la température de cristallisation en augmentant la concentration de solutés (surfusion). C'est à ce moment que le métabolisme favorise l'accumulation des glycoprotéines qui se lient aux molécules d'eau et améliorent ainsi la résistance à la déshydratation. Une augmentation de la concentration du phosphate inorganique a aussi été relevée, ce qui démontre une augmentation du métabolisme énergétique et favoriserait ainsi la mise en réserve.

6. Étude de cas : variations climatiques hivernales entre 2000-2003 dans la région de Granby (Montérégie Est)

La survie des bourgeons à l'hiver dépend en grande partie des variations climatiques et de la sévérité de certaines conditions. Pour évaluer les causes du gel hivernal, les données climatiques quotidiennes qui sont analysées portent sur le couvert de neige et les températures minimales. Malheureusement, les données climatiques d'Environnement Canada pour les mois de février et de mars 2000 ne sont pas disponibles pour l'instant. Les graphiques porteront donc sur la saison 2000-2001, commençant à l'automne, jusqu'à l'hiver 2002-2003 inclusivement. Ces hivers semblent être des exemples types pouvant servir à l'analyse des combinaisons qui occasionnent une saison de production favorable ou non. Les observations faites par les conseillers et les agronomes dans le domaine du bleuets seront étudiées, sous forme de bilans annuels, et seront associées aux données des graphiques, qui sont en annexe.

La susceptibilité d'une plante au gel est reliée à l'allocation des dépenses énergétiques pendant la saison précédente. Plus il y a d'énergie allouée pour l'aoûtement et la mise en réserve au niveau des bourgeons à fruits, plus ces bourgeons seront à même de résister à l'hiver. C'est pourquoi l'étude des facteurs menant au gel débute bien avant la saison froide.

PRINTEMPS, ÉTÉ et AUTOMNE 2000 :

Récolte avec de bons rendements mais tardive.

Tout d'abord, le printemps 2000 a été frais et humide, ce qui s'est reflété sur une bonne partie de l'été. Les récoltes ont été très bonnes, mais ont été retardées. Puis, au début et à la fin septembre (4 et 29 septembre), il y a eu du gel. Par la suite, l'automne fut plus chaud et sec que la normale, avec des mois d'octobre et de novembre presque sans gel.

SAISON HIVERNALE 2000-2001:

Hiver sans froid et beaucoup de neige à partir de la mi-janvier 2001 mais peu avant.

Domages importants dus au gel à certains endroits, pour certains cultivars.

Les températures et les précipitations de l'hiver 2000-2001 ont été à peu près normales (graphique 1), ce qui présageait peu de problèmes liés au gel. Les températures n'ont pas descendu sous les -24°C , mais cette température minimale a été atteinte en début décembre (8 décembre), qui fut particulièrement froid comparativement aux autres années. Il y a eu de la neige en abondance en février et en mars (100 cm le 22 mars!). Dans certains sites de plusieurs bleuetières, des dommages importants ont été relevés au printemps sur les variétés Blueray et même sur la Northland, qui est pourtant considérée comme rustique. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour en déterminer la cause.

- ?? Analysons d'abord l'efficacité de l'aoûtement. La récolte tardive peut avoir diminué l'allocation d'énergie pour l'aoûtement. De plus, les températures plus chaudes et le manque de gel à la fin de l'automne peuvent avoir retardé le déclenchement des processus d'acclimatation des plants de bleuet.
- ?? Ensuite, même si l'automne 2000 a été particulièrement sec, il est difficile d'affirmer avec certitude si cette particularité climatique a pu causer les dommages retrouvés au printemps suivant. Chez la vigne, par exemple, un excès de pluie à la fin de l'été et à l'automne peut retarder l'aoûtement et réduire la résistance face au gel. En effet, comme d'autres espèces fruitières arbustives, la première étape d'acclimatation inclut une réduction du contenu en eau des tissus

pour minimiser la formation de cristaux de glace pendant l'hiver. Un automne sec devrait favoriser ce processus. Mais la plante a besoin d'eau pour assurer le bon déroulement du métabolisme de mise en réserve. La question demeure donc en suspend à ce propos.

- ?? Le début décembre fut très froid, comparativement aux autres années. Il est possible que, durant cette période, l'aouêtement n'était pas adéquatement terminé pour certaines variétés
- ?? La neige au sol ne s'est pas accumulée tôt dans la saison, puisqu'elle n'est devenue importante qu'en début janvier. Donc, l'effet protecteur du couvert nival n'a pu se manifester que tardivement, même s'il y avait déjà des températures atteignant les $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ?? Les sites affectés dans les bleuetières étaient sans dénivellation, donc davantage exposés au vent qui aurait balayé la neige et diminué l'épaisseur du couvert nival. Les bourgeons dénudés de leur protection nivale peuvent alors avoir subi les inconvénients dus aux températures froides lors des nuits par temps calme et clair. Les sites avec un bon drainage d'air, comme sur les sites en pente, ont subi moins de dommages.

PRINTEMPS, ÉTÉ et AUTOMNE 2001 :

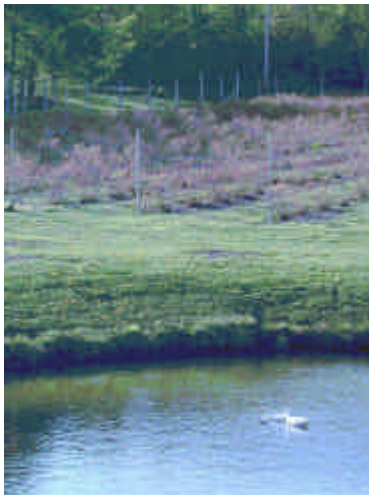
Récolte avec de faibles rendements et sur une courte période.

Brièvement, le printemps 2001 a été favorable, puisque l'abondance de la neige entre la mi-janvier et la mi-mars a fourni beaucoup d'eau au sol. Cela a permis un bon démarrage de la saison de végétation, mais a favorisé l'apparition de maladies fongiques. Le début de l'été a connu des températures normales à fraîches favorisant la croissance des plants. La récolte a commencé tôt, soit à partir de la mi-juillet, et une période chaude de plus de 35 jours a écourté la période de cueillette, la ramenant à 4 semaines. Par la suite, les précipitations furent normales jusqu'à la fin de l'automne. Cette courte saison fruitière à faible rendement a laissé tout le temps et l'énergie aux plants pour procéder à leur aouêtement et à leur endurcissement au froid.

SAISON HIVERNALE 2001-2002 :

Hiver très clément. Peu de neige. Aucun gel répertorié.

Comme on peut le voir sur la courbe des températures minimales (graphique 2a), l'hiver a été exceptionnellement doux cette année-là. Les plus bas minimums enregistrés furent de $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ au mois de février. Le bleuets en Corymbe supporte très bien ces



températures, d'autant plus que l'aoûtement s'était bien déroulé. Le couvert nival a été moins élevé et moins constant que l'année précédente (graphique 2b) car il était absent avant le 14 décembre et, à la fin de l'hiver, entre le 8 et 18 mars. Mais il semble que ce fut suffisant, en considérant les températures clémentes. La résistance et la protection au gel étaient assurées, du moins sous la trentaine de centimètres de neige pendant les froids de février. Dans nos régions, il arrive peu souvent qu'il n'y ait aucun gel hivernal avec les cultivars plus sensibles.

Figure 2 : Bleuets au printemps 2002
(Photo : Nathalie Laplante)

PRINTEMPS, ÉTÉ et AUTOMNE 2002 :

Récolte avec des rendements excessifs, tardive et sur une longue période.

Contrairement à l'année précédente, la récolte de l'été 2002 s'est faite tardivement à cause d'un printemps froid et d'une longue floraison. À plusieurs endroits, la récolte s'est prolongée jusqu'au 10 septembre. Normalement, la récolte de la plupart des cultivars se termine au plus tard à la fin août, et même parfois à la mi-août. Ce fut donc une année exceptionnellement bonne en terme de rentabilité.

Les conditions climatiques furent chaudes et venteuses de la fin juillet à la mi-septembre, et des périodes de chaleur records se sont produites de septembre à début octobre. Puis, la neige est apparue dès la mi-octobre, les températures typiquement automnales n'ayant duré que quelques jours. La production élevée a donc épuisé les plants et peu de temps

leur était accordé pour accumuler leurs réserves hivernales. Des froids records en octobre et en novembre ont d'autant plus nui aux plants.

SAISON HIVERNALE 2002-2003 :

Hiver froid et venteux qui a occasionné du gel. Épaisseur de neige faible à moyenne.

Le dernier hiver a donné un dur coup à la culture du bleuets en Corymbe au Québec. Pour cause, de longues périodes de froid intense, près de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ à la fin janvier et la mi-février (graphique 3a), ont été enregistrées, et même des $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ à plusieurs endroits. Même si le couvert nival atteignait une vingtaine de centimètres dès la fin novembre (graphique 3b), le vent a facilement balayé cette protection qui aurait pu isoler les plants des températures très froides. Le couvert nival fut moins élevé qu'à l'hiver 2000-2001, qui avait connu des températures plus proches de la normale. Le gel a donc engendré des dommages considérables.

PRINTEMPS, ÉTÉ et AUTOMNE 2003 :

Récolte avec des rendements très faibles.

Chez 70% des membres du Club conseil du Corymbe qui ont des plants adultes, la récolte a été nulle, tandis qu'elle n'atteignait que 5% à 30% de celle de 2002 chez les autres. Cependant, un printemps frais et humide a permis une bonne reprise de la végétation qui s'est continué durant une bonne partie de la saison estivale.

En plus de ces températures minimales très basses, la surproduction, qui s'est prolongée tard en saison, et le mauvais aoûtement de 2002 ont grandement hypothéqué la récolte de 2003. M. Michel Lareau, chercheur retraité de la station de recherche de St-Jean-sur-Richelieu (Agriculture Canada) et producteur de bleuets de Corymbe, fait remarquer que les variétés hâtives offrent un meilleur rendement au Québec. Donc, plus la période de récolte commence tôt (dans les limites du raisonnable...) et finit tôt, mieux serait le rendement. Selon lui, cela explique en partie les faibles rendements obtenus après une saison de récolte exceptionnelle qui se poursuit jusqu'à tard à l'automne.

PERSPECTIVES POUR LA SAISON 2003-2004 :

Bien que tout peut arriver au cours de l'hiver, ce qui s'est produit lors des saisons précédentes laisse espérer que les plants résisteront mieux au froid, puisqu'il y a eu une bonne croissance végétative durant le printemps 2003 et une très faible production à l'été 2003. Les observations faites au cours des hivers 1992-93 et 1993-94 permettent d'avancer une telle hypothèse. En effet, même si l'hiver 1993-94 avait été aussi froid, sinon plus, que l'hiver qui le précédait, il y avait eu une récolte en 1994, alors que celle de 1993 était nulle (Lareau, 1999).



Figure 3 : Bourgeons gelés
(Photo : Ginette Laplante)



Figure 4 : Bourgeons sains
(Photo : Ginette Laplante)

7. Moyens pour diminuer les risques de gel des bourgeons

Voici quelques moyens pour minimiser les facteurs favorisant le gel.

CULTIVAR

Il est souvent conseillé de conserver plusieurs cultivars dans la plantation. Ils ne réagissent pas tous de la même manière selon les variations climatiques se produisant d'une année à l'autre, ce qui permet de limiter les pertes et de maintenir une production lorsque l'un des cultivars est davantage affecté. Des variétés comme Blueray ou Bluecrop, par exemple, sont appréciées pour leurs fruits plus gros et sucrés, mais ils sont plus sensibles au gel. Pendant les années favorables, ils offrent un haut rendement, mais, lors d'hivers rigoureux, les pertes qu'ils subissent peuvent être compensées par une variété plus tolérante, comme le cultivar Patriot. Ce dernier porte des fruits qui sont d'une qualité un peu moindre, mais il produit des branches dans la partie inférieure du plant qui sont mieux protégées par la neige pendant l'hiver. Par exemple, pendant l'été 2003, une mise à fruit dans le bas du plant pour le cultivar Patriot a permis de maintenir une certaine production malgré les dommages encourus dans la majorité des autres cultivars. Comme Patriot, les variétés Northblue, Northland et Bluetta sont plus trapues et ont une rusticité supérieure aux autres. Pour que les bourgeons soient protégés par la neige, les cultivars au port dressé, avec des bourgeons à fruits uniquement au bout des tiges, sont à éviter, même si la taille et la récolte s'en trouvent facilitées.

TAILLE

Comme pour le choix des cultivars, la taille peut être adaptée aux conditions climatiques. En favorisant le bois fructifère à la base du plant, il y a davantage de probabilités que les bourgeons à fruit soient protégés par l'accumulation de neige. Pour ne pas nuire à la translocation des réserves vers les racines, la taille à l'automne doit être évitée. Comme pour 2002-2003, des baisses de production en 1998 ont été observées à la suite de la surproduction de 1997. Après l'hiver facile de 1996-97 et un début de saison favorable, les plants portaient beaucoup trop de fruits, ce qui s'est traduit par un retard de mûrissement et des fruits de petits calibres. Une taille au printemps 1997 aurait permis

d'équilibrer la vigueur et la productivité des plants. Évidemment, la taille varie selon les cultivars, qui n'ont pas la même capacité fructifère.

BRISE-VENT

Des brise-vent peuvent avantageusement être disposés pour améliorer les conditions climatiques au sein de la bleuetière. Entre autres choses, ils permettent d'élever la température et l'humidité et diminuent l'érosion des sols. Durant une journée ensoleillée d'été, la température de l'air dans la zone protégée peut être jusqu'à 3°C supérieure à celle mesurée en milieu ouvert. De plus, la diminution de la vitesse des vents favorise l'accumulation de neige en hiver et la pollinisation au printemps. À long terme, les brise-vent naturels semblent être la meilleure solution. En effet, même si la hauteur voulue n'est pas atteinte dès leur plantation, ils sont moins coûteux d'installation, plus durables et n'ont pas besoin de support, au contraire des brise-vent artificiels. Ils confèrent aussi une meilleure protection sur une plus grande étendue, puisqu'ils atteignent des hauteurs supérieures. Cependant, un brise-vent artificiel peut être installé temporairement jusqu'au moment où le brise-vent naturel aura atteint une hauteur adéquate.



Figure 9 : Bleuetière protégée par un brise-vent, au printemps (Photo : Ginette Laplante)

Ce qui caractérise un brise-vent est sa hauteur et sa porosité (ou densité). La distance protégée augmente avec la hauteur. La porosité est établie selon l'équation suivante :

$$\text{Porosité (?) = } \frac{\text{surface occupée par les vides}}{\text{surface totale du plan}} \times 100\%$$

Un brise-vent plus poreux réduit moins la vitesse du vent, mais il agit sur une plus grande distance et permet une accumulation de neige plus constante spatialement. Idéalement, la porosité devrait être d'au moins 40% pour réduire efficacement la vitesse des vents sur une bonne distance. Si le brise-vent est trop dense, la neige s'accumulera surtout au pied du brise-vent, tandis qu'elle se répartira plus uniformément sur une plus grande distance s'il l'est moins. Par exemple, un brise-vent ayant une porosité de 40% réduit la vitesse du vent de moitié sur une distance de 10 H (H= hauteur du brise-vent) et de 25% sur 10 à 20 H. Une porosité hivernale de 40% à 50% est suffisante pour piéger la neige efficacement. La figure 5 illustre la distance où il y a accumulation de neige pour des porosités de 37%, 69% et 83%.

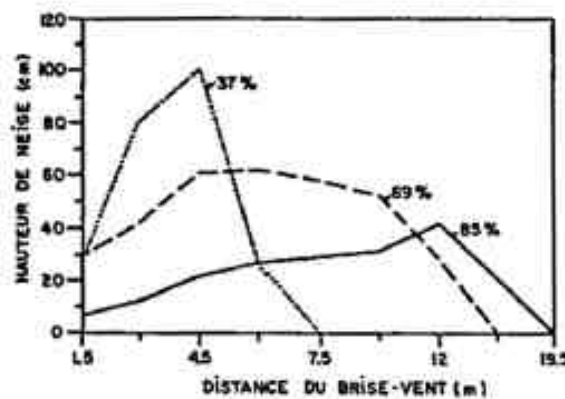
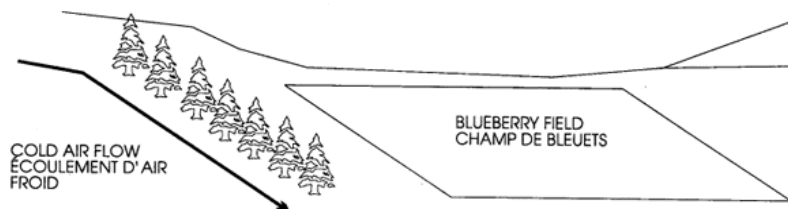


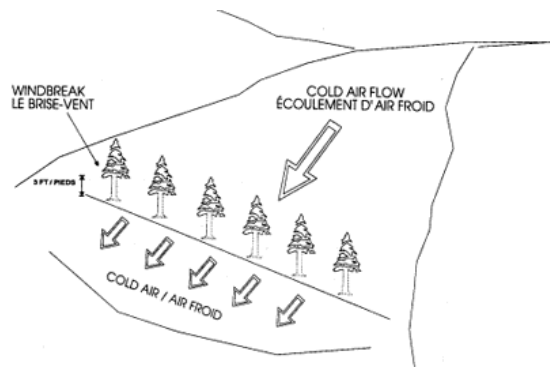
Figure 5 : Accumulation de neige par des brise-vent (H=1,2 m) de différentes porosités (Vézina, 2003)

Pour diminuer au maximum la vitesse du vent, le brise-vent doit être placé à angle droit par rapport à la direction des vents dominants. Une certaine protection peut cependant être atteinte à l'intérieur d'un angle de 45° de part et d'autre de cette direction. Pour minimiser les effets de contournement des vents aux extrémités du brise-vent, il doit dépasser d'au moins 30 à 60 mètres la longueur de l'aire à protéger et être continu. Sinon, le vent qui s'infiltre chasse la neige accumulée et découvre les plants.

Les brise-vent peuvent aussi réduire la fréquence des inversions de températures s'ils sont aménagés dans ce but. Ils peuvent dévier l'air froid provenant des zones environnantes plus élevées (fig. 6) ou dévier celui de la culture pour l'entraîner vers le bas, à l'extérieur du site de production. Pour permettre à l'air froid de s'évader du bas de la pente, il faut couper les branches du bas du brise-vent (fig. 7). Cependant, cette technique de drainage de l'air froid s'avère discutable, puisque l'air froid est directement généré par les surfaces et que les brise-vent peuvent même provoquer davantage d'inversions de températures en bloquant le déplacement de l'air.



**Figure 6 : Déviation de l'air froid
(Vézina, 2003)**



**Figure 7 : Écoulement de l'air froid
(Vézina, 2003)**

L'inclinaison de la pente influence aussi l'étendue de l'aire protégée. Un brise-vent protégeant une pente descendante est plus efficace que sur une pente ascendante (fig.8). Cependant, il ne faut pas oublier l'effet néfaste de l'accumulation de l'air froid dans le fond de la vallée et éviter d'y installer la plantation de bleuets.

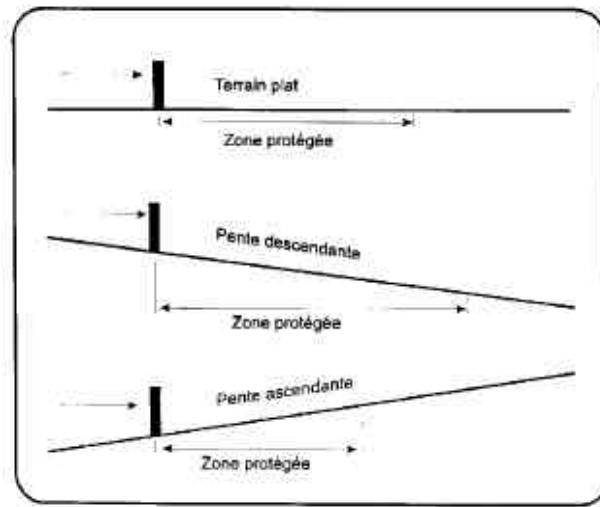


Figure 8 : Influence de la topographie sur la longueur de la zone protégée (Vézina, 2003)

8. Conclusion

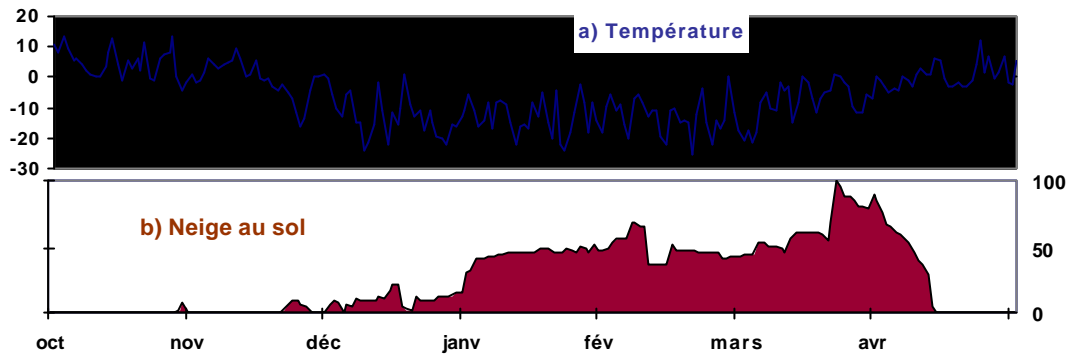
Ce travail a permis de mieux cerner les facteurs pouvant influencer le risque de gel au niveau des bourgeons chez le bleuët en Corymbe. Il en ressort que la neige offre un pouvoir protecteur limité des plants de bleuët en Corymbe, car elle couvre rarement un plant mature entièrement et ne protège pas la majorité des bourgeons. Cette protection ne pourrait être suffisante pendant les semaines pendant lesquelles le froid est particulièrement mordant, comme ce fut le cas entre le 13 et 16 février 2003. De plus, compte tenu de son inconstance, il est imprudent de se fier totalement au couvert nival. Des études ont été menées sur l'utilisation de neige artificielle à titre expérimental mais cette méthode s'avère toujours onéreuse, bien qu'elle soit très efficace, selon des recherches faites sur la vigne (Jolivet, 2000^b; Téléback, 2003). S'il était possible qu'il y ait des développements sur la conception d'un canon à neige plus ou moins artisanal à des coûts modiques, la survie des bourgeons serait mieux assurée et permettrait une production substantielle à chaque été.

Dans la région de Québec, certains producteurs recouvrent les rangs de bleuët de la neige qui s'est accumulée entre les rangs afin d'offrir une meilleure protection. Mais, avant

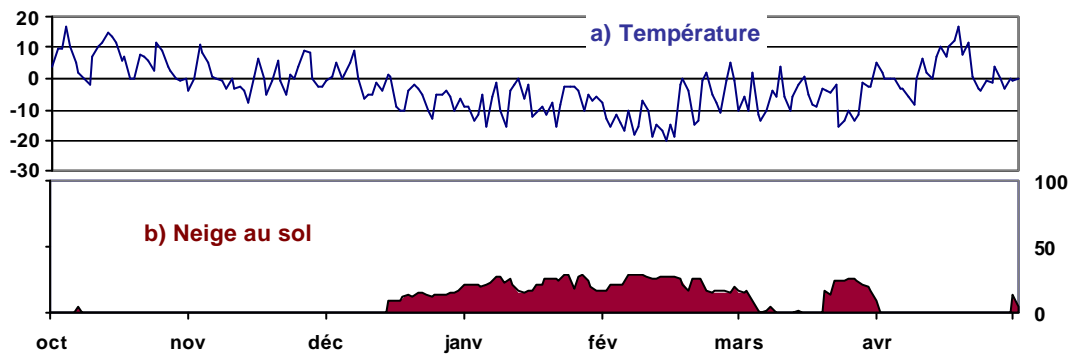
tout, le choix du site et son aménagement est particulièrement important pour éviter l'accumulation d'air froid par les vents de gravité, comme en témoigne la saison 2000-2001. La présence de brise-vent peut avantageusement réduire l'effet néfaste du vent, en aidant à conserver l'épaisseur de la neige et en faisant dévier l'air froid hors de la plantation. Finalement, puisqu'il n'est pas possible de contrôler le climat, une bonne régie des cultures est indispensable pour permettre un bon aoûtement et l'endurcissement au froid.

Annexe 1. Graphiques du climat hivernal de Granby entre 2000 à 2003

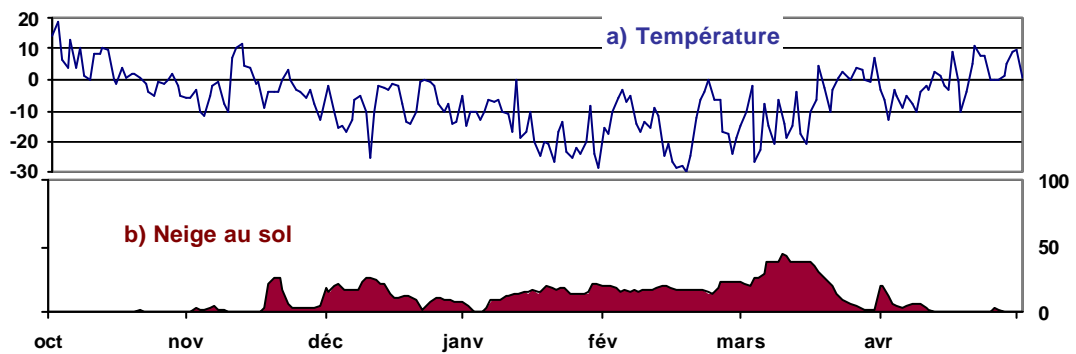
Graphique 1 : Températures minimales (°C) et neige au sol (cm) en 2000-2001



Graphique 2 : Températures minimales (°C) et neige au sol (cm) en 2001-2002



Graphique 3 : Températures minimales (°C) et neige au sol (cm) en 2002-2003



Références bibliographiques

ARGALL, John et CHIASSON, Gaétan, page consultée le 30 novembre 2003. Utilisation des brise-vent pour les bleuetières. Ministère de l'Agriculture des Pêches et de l'Aquaculture du N.-B., [en ligne], Dernière mise à jour : 1996, URL : <http://www.gnb.ca/0171/10/0171100001-f.asp>

AHRENS, Donald C., 2003. Meteorology today. Seventh edition, Thompson, Toronto, 544 pages.

BOISVERT, Jean-Jacques, 1972. Les traits essentiels du climat de l'Estrie. Centre de recherche en aménagement régional, Université de Sherbrooke, 133 pages.

CARRIÈRE, Bertrand, JOLIVET, Yvon et DUBOIS, Jean-Marie M., 2002. Formation et évolution des trous de fonte le long des sarments de vigne : vignoble Sous les Charmilles, Rock-Forest (Québec). Journal international des sciences de la vigne et du vin, Bordeaux, France, 34 : 83-92.

CHICOINE, Roger, 2001. Observations sur la saison 2001. Club conseil du Corymbe.

CHICOINE, Roger, 2002. Rapport annuel 2002 : préliminaire. Club conseil du Corymbe.

CHICOINE, Roger, 2002. Revue de l'année 2002 dans les bleuetières. Agri-vision 2002.

CHICOINE, Roger, 2003. Rapport annuel 2003. Club conseil du Corymbe.

CLINE, Bill et FERNANDEZ, Gina, page consultée le 30 novembre 2003. Blueberry freeze damage and protection measures. Dernière mise à jour: 1998, [en ligne], URL: <http://www.ces.ncsu.edu/hil/hil-201-e.html>

ENVIRONNEMENT CANADA, page consultée le 30 octobre 2003, Données climatiques. Dernière mise à jour : 2003, [en ligne], URL : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/canada_f.html

HOPKINS, William G. et HÜNER, Norman P.A., 2004. Introduction to plant physiology. Third edition, Wiley Editions, Danvers, 560 pages.

JOLIVET, Yvon et DUBOIS, Jean-Marie, 2000b. Évaluation préliminaire de l'enneigement artificiel comme méthode de protection hivernale de la vigne au Québec. Journal international des sciences de la vigne et du vin, Bordeaux, France, 34 : 155-167.

JOLIVET, Yvon et DUBOIS, Jean-Marie, page consultée le 30 octobre 2003. Microclimatologie agricole : comprendre la nature. Dernière mise à jour : 2002, [en ligne], URL : http://www.cab.qc.ca/biobulle_03b.jsb?id=355

JOLIVET, Yvon et DUBOIS, Jean-Marie et GRANBERG, H., 1998. Évaluation du régime thermique du cépage *Vitis vinifera* L. var. Melon durant la saison froide au Québec. Journal international des sciences de la vigne et du vin, Bordeaux, France, 32 : 51-58

LAFORGE, Frédéric, page consultée le 15 octobre 2003. Un bleuet de taille. Dernière mise à jour : 2002, [en ligne],
URL : <http://www.agrireseau.qc.ca/petitsfruits/Documents/bleuet.PDF>

LAREAU, Michel J., 1999. Variétés et taille du Bleuet de Corymbe. Mise à jour du texte présenté sur Agrivision 1996.

LAREAU, Michel J., 2002. Variétés de bleuet, y a-t-il vraiment un choix ? Agrivision 2001.

MONDOR, Albert, page consultée le 30 novembre 2003. Tableau complet des zones de rusticités. Dernière mise à jour : 2003, [en ligne],
URL : <http://www.jardinonsavec.albert.com/contenus/trucs/rusticite.html>

STRIK, Bernadine, page consultée le 30 novembre 2003. Winter acclimation and cold hardiness of blueberry. Dernière mise à jour: 2003, [en ligne], URL:
<http://www.berrygrape.oregonstate.edu/fruitgrowing/berrycrops/blueberry/winter.htm>

TELEBACK T., JOLIVET, Y. et DUBOIS J.-M.M., 2003. Évaluation préliminaire du rendement d'un cépage hybride (Seyval blanc) en fonction de différents moyens de protection contre le gel hivernal au Québec. Journal international des sciences de la vigne et du vin, Bordeaux, France, 13 pages.

URBAIN, Luc, page consultée le 30 octobre 2003. Physiologie et facteurs influençant la réussite du bleuet de corymbe. Dernière mise à jour : 2003, [en ligne],
URL : <http://www.agrireseau.qc.ca/petitsfruits/Documents/bleuet-physiologie.PDF>

URBAIN, Luc, page consultée le 15 octobre 2003. Endurcissement au froid et résistance à l'hiver du bleuet de Corymbe. Dernière mise à jour : 2003, [en ligne],
URL : <http://www.agrireseau.qc.ca/petitsfruits/Documents/bleuet-froid.PDF>

URBAIN, Luc, page consultée le 30 novembre 2003. Les « MUST » de la production de bleuet. Dernière mise à jour : 2001, [en ligne],
URL : http://www.agrireseau.qc.ca/petitsfruits/Documents/Bleuet_must2.PDF

VÉZINA, André, page consultée le 8 décembre 2003. Les haies brise-vent et la protection des bâtiments d'élevage. ITA La Pocatière, Dernière mise à jour : 2003, [en ligne],
URL : http://www.italp.qc.ca/brisevent/archive_fichiers/Notes%20de%20cours.pdf