

3.3 Le gel printanier et automnal

INTRODUCTION

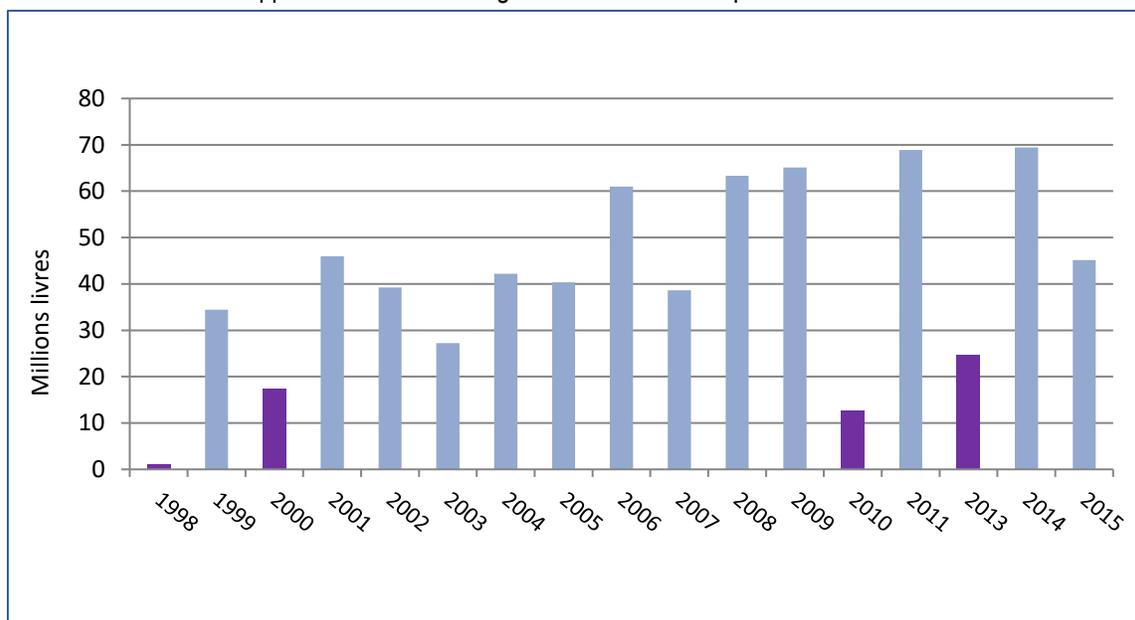
Les plantes s'adaptent à leur environnement en fonction de leur phénologie^a et celle-ci est très fortement régulée par la température (cumul de degrés-jours) et la photopériode¹. Ainsi, la sensibilité au gel des plants de bleuet passe de -14°C au stade gonflement et séparation des écailles à -2 °C lorsque les corolles des fleurs sont déployées (Figure 1.)

En raison du climat froid, les plantes croissant en zone boréale comme le bleuet sauvage disposent de peu de temps pour réaliser leurs différents stades phénologiques comme l'éclosion des bourgeons, la croissance des différentes parties de la plante, etc.² Ces étapes de développement sont liées à la température³, ce qui rend les plants de bleuet sensibles aux gels lorsque le développement foliaire est trop précoce^{4, 5}. En d'autres mots, au printemps, lorsque des températures chaudes sont entrecoupées d'épisodes plus froids, il n'est pas rare de voir des baisses de productivité.



Figure 1. Gelée sur les fleurs
Source : Club Conseil Bleuet

Le gel est un problème fréquent dans les bleuetières aménagées. Il s'agit de l'une des principales causes des variations de rendement dans la production de bleuets (Graphique 1). Les dommages occasionnés par le gel réduisent le rendement, car ils nuisent à la croissance et au développement des tissus végétaux essentiels à la production de fruits.



Graphique 1. Évolution des volumes de production de bleuets sauvages (bleuetières et forêt) de 1998 à 2015 - Les barres violettes indiquent les années où il y a eu occurrence de gel printanier
Source : MAPAQ

^a Phénologie : Étude de l'influence des climats sur les phénomènes biologiques saisonniers des végétaux (feuillaison, floraison, etc.)

LA SENSIBILITÉ DU BLEUETIER AU GEL

Des **dommages** dus au gel seront observés à des **degrés divers** selon la **période** et le **stade de développement** du plant. Les jeunes tissus sont les plus sensibles. La gravité des dommages aux fleurs et aux bourgeons floraux augmente avec la durée d'exposition aux températures gélives au printemps, à l'automne et durant l'hiver (voir le feuillet 3.2 « [Le gel hivernal](#) »). Les fleurs



Figure 2. Jeunes fruits (dommages à -1 °C)

Source : MAPAQ

ouvertes et appelées à ouvrir subissent des dommages sévères si la température baisse sous les -3,5 °C pendant plus de deux heures⁶. Une étude effectuée au Maine a démontré que même si les bourgeons floraux peuvent tolérer des températures inférieures à -5 °C, les fleurs complètement ouvertes sont sensibles dès que la température descend sous -2,2 °C⁷. Les jeunes fruits sont les plus sensibles, à -1 °C, ils peuvent subir des dommages irréversible⁸ (Figure 2). Les bourgeons végétatifs, les tiges et les fruits sont également sensibles au gel, mais à des températures plus basses. La tolérance des feuilles au gel n'a pas été étudiée scientifiquement à ce jour, mais des dommages ont déjà été observés (D. Yarborough, communication personnelle, 17 mars 2017).

Les différents stades de développement des bourgeons floraux et leur tolérance aux températures gélives sont présentés visuellement dans le « Guide d'identification - Alliés et ennemis du bleuets nain – Insectes, maladies et végétaux – pp. 242-243, CRAAQ, 2013) ainsi qu'à l'adresse suivante: <http://umaine.edu/blueberries/factsheets/irrigation/flower-primordia-development-stage/>.

LE GEL PRINTANIER TARDIF

Le gel printanier tardif se produit à la floraison et aux premiers stades de développement du bleuets. Les bourgeons végétatifs et floraux, les fleurs et les jeunes fruits seront sensibles aux températures gélives. La durée de la période de gel et le taux d'humidité ont un impact sur la gravité des dommages.

LE GEL AUTOMNAL HÂTIF

Le gel automnal hâtif survient à la période de récolte où les fruits et dans une moindre mesure, les bourgeons, sont sensibles aux gelées d'août et septembre.

LES TYPES DE GELS PRINTANIER ET AUTOMNAUX

Il existe trois types de gels printaniers :



1. Le gel radiatif : phénomène le plus courant dans les bleuetières du Québec

Il survient quand durant la journée les rayons du soleil réchauffent le sol et qu'après le coucher du soleil, le sol perd de la chaleur par radiation (Figure 3). Durant la nuit, les rayons du soleil cessent de réchauffer le sol. Ce dernier perd de la chaleur par l'émission de rayonnement thermique. En effet, l'air chaud monte dans le ciel alors que l'air froid plus dense et plus lourd s'accumule près du sol. Si le ciel est nuageux, une partie du rayonnement est capté et retourne vers le sol. Si le ciel est clair, l'interception du rayonnement est impossible et la perte de chaleur est plus grande.

L'absence de vent qui ne permet pas de faire circuler l'air chaud et de retourner une partie l'air chaud vers le sol est caractéristique des nuits de gels radiatifs. Sur les terrains en pente, un drainage naturel de l'air froid se fait vers le point le plus bas. Sur les terrains plats, l'air froid plus dense s'accumule par gravité et l'inversion de température se produit. L'air chaud, habituellement plus proche du sol, se retrouve au-dessus d'une couche d'air froid.

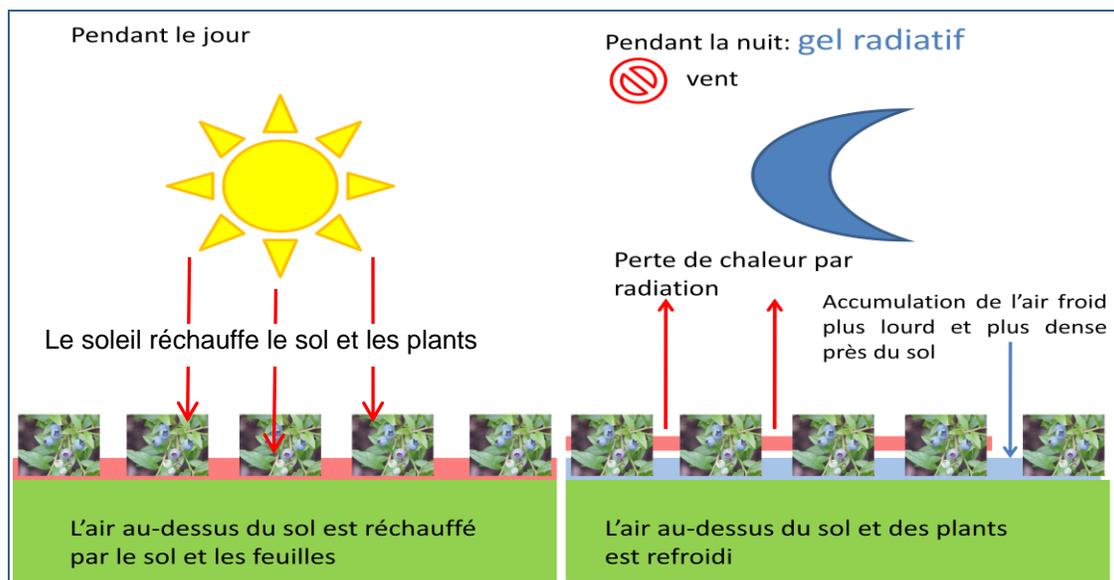


Figure 3 : Schématisation du gel radiatif

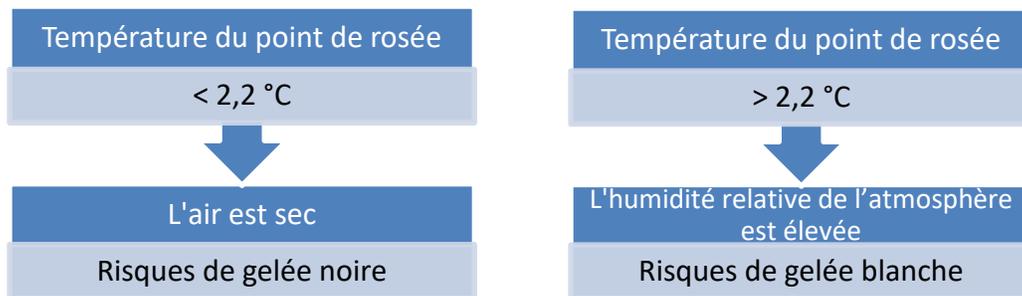
- Ciel clair
- Absence de vent
- Inversion de température

Les **gelées blanches** et les **gelées noires** sont les deux formes de **gel radiatif**. Le principal facteur qui permet de les différencier est le pourcentage d'humidité contenu dans l'air.

- **Les gelées blanches** surviennent lorsque l'humidité relative est élevée. Les gouttelettes de vapeur d'eau contenues dans l'air forment de petits cristaux de glace sur les surfaces solides. Une fine couche de frimas, visible à l'œil nu, se forme à la surface du sol et des végétaux. Le taux de perte de chaleur par radiation est partiellement déterminé par la quantité d'**humidité** présente dans l'atmosphère. Si le ciel est nuageux, une partie du rayonnement est capté et retourne vers le sol. Si le ciel est clair, l'interception du rayonnement est impossible et la perte de chaleur est plus grande.
- **Les gelées noires** surviennent lorsque l'air est **sec** et la perte de chaleur sera plus grande. Le phénomène de gelée noire est plus rare, mais cause des pertes plus importantes.

3.3 Le gel printanier et automnal

La température du point de rosée est une information de première importance pour prédire si les conditions sont favorables à une gelée blanche ou une gelée noire. Elle est mesurée par certaines stations météo et est disponible sur le [site d'Environnement Canada](#).



On peut considérer que l'air est sec lorsque l'humidité relative en après-midi (minimale) est inférieure à 30% et sous 20%, l'air est très sec. À l'inverse, si l'humidité relative est supérieure à 60%, l'air est relativement humide et au-dessus de 80%, humide.

Le **point de rosée** est la température la plus basse à laquelle une masse d'air peut être refroidie avant qu'il y ait formation de gouttelettes d'eau (rosée).

2. Le gel advectif : deuxième type de gel printanier rencontré en bleuëtère

Le gel advectif est caractérisé par le passage d'un front froid qui apporte le mouvement horizontal d'une masse d'air froid (Figure 4). Ce phénomène est souvent accompagné de vent fort (> 16 km/h) qui amène une succession de ciel clair et nuageux. Il n'y a généralement pas d'inversion de température à cause du vent qui mélange les couches d'air. Le gradient vertical de température à partir du sol jusqu'à 30 m est faible, il fait froid.

- Ciel clair
- Vent fort (> 16 km/h)
- Pas d'inversion de température

Pour combattre ce type de gel, il faudrait recouvrir en totalité les bleuëtères, ce qui s'avère très difficile à réaliser. Il est généralement préférable de ne rien faire au risque d'aggraver la situation.

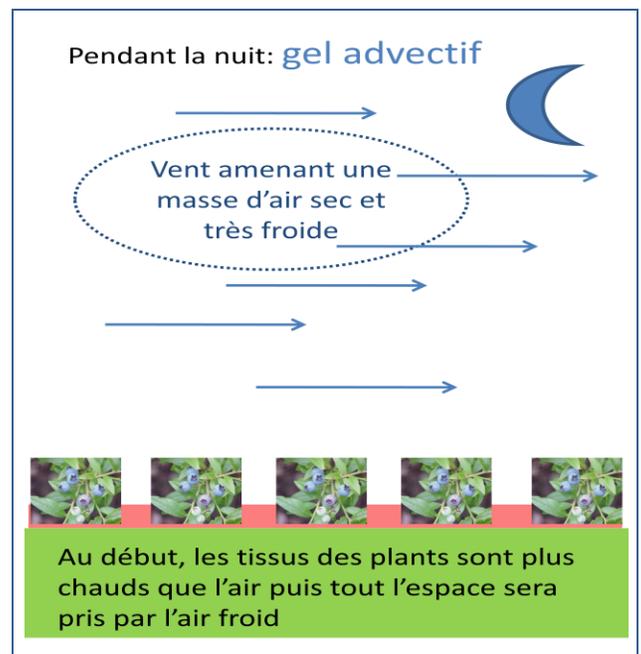


Figure 4. Schématisation du gel advectif

3. Gel gelée : combine les caractéristiques des deux types de gel précédents

Des températures inférieures à 0 °C et des vents entre 8 et 16 km/h caractérisent le gel gelée. La protection des cultures pendant ce type d'événement est rendue difficile par la présence de vents soutenus et la durée des températures froides (souvent plus de 10 heures).

Les méthodes de protection pour ce type de gel se limitent principalement à l'irrigation, mais exigent une réserve d'eau importante et peuvent être inefficaces si le vent est trop fort.

- Températures < 0°C
- Vent modéré (entre 8 et 16 km/h)

La clé de diagnostic (Figure 5) des types de gel est un outil utile pour différencier les types de gel.

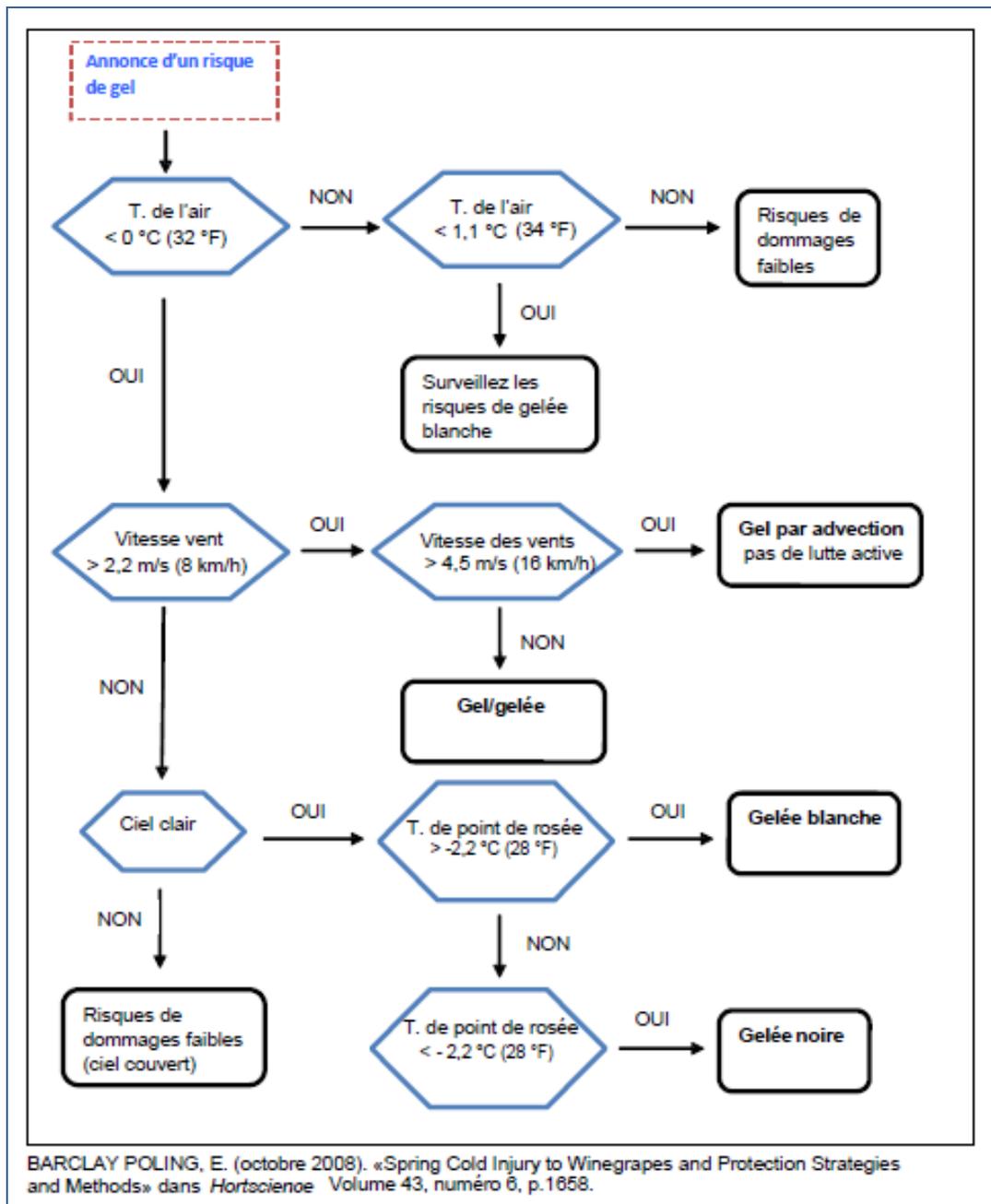


Figure 5. Clé de diagnostic des types de gel : <https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b01bn14.pdf>

Source : MAPAQ

DESCRIPTION DES DOMMAGES

Gel printanier

Les **bourgeons végétatifs** sont noircis et sont entourés de quelques feuilles développées (Figure 6).



Figure 6. Symptômes de dommages dus au gel sur les bourgeons végétatifs (pointes noircies)
Source : MAPAQ

Les **bourgeons floraux** avortent en partie ou en totalité selon l'importance du gel, les **fleurs fermées** ne se développent pas et les **fleurs ouvertes** brunissent (ovaire endommagé) (Figure 7). Le pistil noircira en quelques heures⁹. Il est possible aussi selon l'intensité du gel que seulement la corolle soit affectée.



Figure 7 : Symptômes de dommages dus au gel sur les fleurs (brunissement des grappes de fleurs, parfois les fleurs fermées, moins sensibles, ne présenteront pas de signes de brunissement)

Source : S. Annis - http://mainewildblueberries.blogspot.ca/2010_05_01_archive.html

Gel automnal

À l'automne, les **fruits** affectés par le gel perdront la couche protectrice qui les recouvre (pruine) et leur conservation sera limitée. Les fruits seront aussi déshydratés et mous. Les **bourgeons végétatifs et floraux** affectés par le gel durant l'aouètement présenteront des symptômes de nécrose et peuvent ne pas débourrer au printemps suivant.

MÉTHODES DE PROTECTION

Les bleuetières ont généralement de grandes superficies en culture et les méthodes de lutte contre le **gel radiatif** s'appliquent difficilement dans cette production.

Les bleuetières ont généralement de grandes superficies en culture et les méthodes de lutte contre le **gel radiatif** s'appliquent difficilement dans cette production.

Un **tableau de comparaison des différents systèmes de lutte au gel printanier** (brouillard de gouttelettes, briques chauffantes, irrigation, chaufferettes, hélicoptère, etc.) est disponible à l'[annexe 1](#) de cette fiche. La main d'œuvre nécessaire pour la mise en place de la méthode lors du gel, les coûts d'utilisation et l'efficacité limitée de certaines méthodes sont à considérer et seules les options les plus propices à être utilisées en bleuetière sont énumérées dans la section suivante.

La topographie et les caractéristiques de l'aménagement de la bleuetière sont importantes : l'air froid, plus dense s'accumule près du sol. Il doit pouvoir circuler dans le même sens que les haies d'arbres ou à travers des trouées réalisées dans les haies brise-vent pour éviter qu'il reste emprisonné dans la bleuetière. Une méthode à envisager en premier lieu dans les cas de gels récurrents est l'aménagement de **sorties d'air** à des endroits clés dans les bleuetières en fonction de l'orientation de l'écoulement d'air responsable du gel. Il s'agit en fait de déboiser ou d'ébrancher le bas des arbres dans un corridor d'au moins 15 m de largeur dans les boisés situés en bas de pente pour créer des brèches d'écoulement de l'air froid. Dans ce corridor, on élimine aussi les petites buttes, les digues de terre ou autres éléments qui bloquent l'écoulement d'air. Un conseiller en agroenvironnement peut vous aider à déterminer les actions à poser dans votre bleuetière. L'utilisation d'un drone, ou de toute autre technologie permettant de mesurer la topographie du terrain peut être une option pour les cas de gels récurrents afin d'acquérir les données nécessaires au diagnostic de sortie d'air. Ces outils effectuent un relevé du terrain. Le traitement des données par un logiciel de photogrammétrie permet de déterminer précisément le sens de l'écoulement de l'air et les exutoires, ce qui indique où réaliser les trouées.

L'aménagement de **haies brise-vent** est une autre méthode de protection contre le gel. Il doit permettre d'éviter l'accumulation d'air froid dans une partie du champ et le choix de son emplacement est stratégique. Sachant que l'air froid descend les pentes et s'accumule dans les dépressions ou près des obstacles, on permet son évacuation en coupant les branches sur une hauteur d'au moins 90 cm au bas de la pente¹⁰.

Le brise-vent peut aussi faire dévier l'air froid en provenance d'une zone cultivée plus élevée vers un endroit plus bas où il ne présente aucun risque pour la culture en l'orientant adéquatement.

L'installation d'une **éolienne/machine à vent** (mobile ou non) est une option envisageable pour une petite superficie. Le principe est de rabattre l'air chaud qui se trouve en hauteur vers le sol. Selon la littérature, elle serait efficace jusqu'à -2,2°C, cependant un essai en bleuetière a montré un potentiel de protection qui pourrait aller jusqu'à environ -3°C.

Exemple de cas : Les machines à vent permettent généralement de gagner 50% de l'écart de température entre la couche d'air chaud et le sol. S'il fait 2°C à 10m et -2°C au sol, il y aura un gain d'environ 50% de la différence (4°C) donc de 2°C. Ainsi, il fera 0°C au sol.

L'**irrigation** par aspersion est une méthode qui peut être efficace jusqu'à -6°C et qui peut couvrir de relativement grandes superficies (Figure 8). L'important est d'avoir les réserves d'eau suffisantes pour permettre l'arrosage en continu pendant toute la durée du gel. Tous les détails concernant l'irrigation sont disponibles dans le feuillet 3.9 « [L'irrigation dans les bleuétières](#) ».



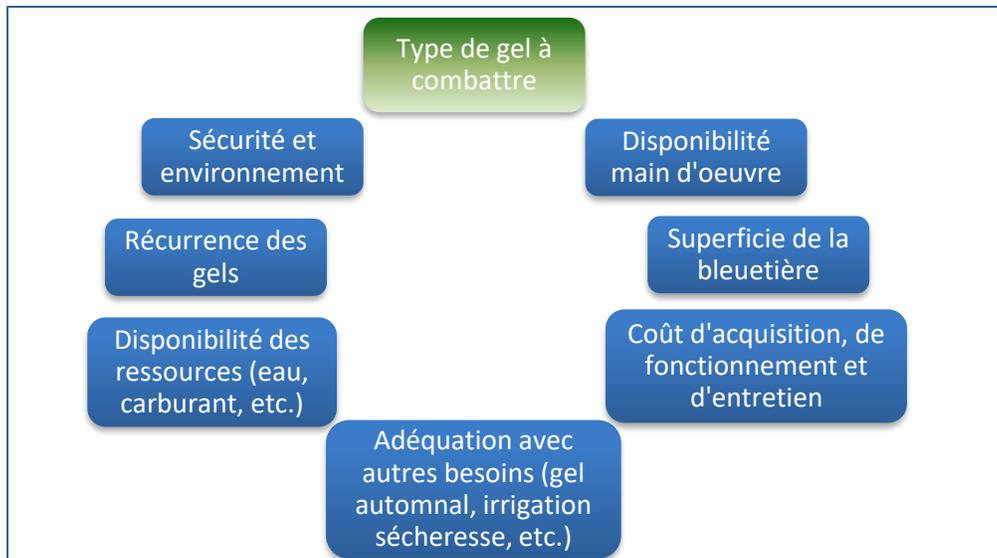
Figure 8. Irrigation par aspersion

Source : Club Conseil Bleuét

La répartition des parcelles en damier

Étant donné que les risques de gel varient avec la topographie et l'environnement des champs, une alternance des champs en végétation et en production dans une bleuétière permet de répartir la récolte sur toute la surface de la bleuétière, ce qui, en cas de gel localisé, réduit les risques de dommages. Il s'agit d'alterner dans la bleuétière les champs en végétation et ceux en première ou deuxième année de récolte. Grâce aux travaux réalisés dans les années 1980 par le « Groupe de recherche sur les bleuétières de la Sagamie de l'Université du Québec à Chicoutimi », les hasards climatiques et les risques de gel en bleuétière ont été étudiés dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Une vingtaine de devis de réaménagement ont été effectués par ce groupe pour des bleuétières du Saguenay–Lac-Saint-Jean et la plupart de ces études de cas sont encore applicables aujourd'hui pour contrer le gel^b.

Enfin, avant d'acquiescer un système de protection contre le gel, veillez à penser au type de gel à combattre et à ces différents facteurs :



^b [Études du Groupe de recherche de la Sagamie de l'UQAC](#)

Ce feuillet a été inspiré du bulletin « Gel printanier et méthode de protection » rédigé par: Évelyne Barriault, agronome, Direction régionale de la Montérégie, secteur ouest, MAPAQ et Marie-Pier Gosselin, étudiante, ITA (2014) et accessible en ligne à cette adresse : <https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b01bn14.pdf>.

FEUILLETS COMPLÉMENTAIRES

3.2 Le gel hivernal

3.9 L'irrigation dans les bleuetières

RÉFÉRENCES

- ¹⁰ Argall, J. et G. Chiasson. 1996. Utilisation des brise-vent pour les bleuetières. Feuillet A.4.0. [en ligne], disponible à l'adresse : http://www2.qnb.ca/content/qnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/cultures/bleuets_sauvages/brise_vent.html.
- ¹ Badeck F.W., Bondeau A.B., K., Doktor D., Lucht W., Schaber J. et Sitch S. 2004. Response of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162: 265-309.
- ³ Cappiello P.E. et Dunham S.W. 1994. Seasonal-variation in low-temperature tolerance of *Vaccinium angustifolium* Ait. *Hortscience* 29: 302-304.
- ⁹ Chiasson, G. et J. Argall. 1996. La pollinisation du bleuets sauvage. Feuillet B.1.0. MAAP, N.-B. [en ligne], disponible à l'adresse : http://www2.qnb.ca/content/qnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/cultures/bleuets_sauvages/pollinisation.html.
- ⁸ CRAAQ. 2013. Ève-Catherine Desjardins et Romain Néron. Guide d'identification alliés et ennemis du bleuets nain. 273 pp.
- ⁴ Havard P., Eaton L.J., et Hicklenton P.R. 2003. Computer controlled portable frost simulator for field studies of frost effects on wild blueberries. *HortTechnology* 13: 628-631.
- ⁶ Hicklenton, P.R., J.Y.C. Reekie, K. MacKenzie, D. Ryan, L.J. Eaton and P. Havard. 2002. Freeze Damage and Frost Tolerance Thresholds for Flowers of the Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Acta Hort.* 574: 193-201.
- ² Moola F.M. et Mallik A.U. 1998. Phenology of *Vaccinium* spp. in a black spruce (*Picea mariana*) plantation in northwestern Ontario : Possible implications for the timing of forest herbicide treatments. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1579-1585.
- ⁵ Taulavuori K., Laine K. et Taulavuori E. 2013. Experimental studies on *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea* in relation to air pollution and global change at northern high latitudes: A review. *Environmental and Experimental Botany* 87: 191– 196.
- ⁷ Yarborough, D. 2002. Flower Primordia Development Stage with TemperatureTolerance. Using Irrigation Systems for Frost Protection. Wild Blueberry Fact Sheet No. 216. The University of Maine. Cooperative Extension. [en ligne], disponible à l'adresse : <http://extension.umaine.edu/blueberries/factsheets/production/flower-primordia-development-stage/>.

RÉDACTION 2017

Mireille Bellemare, professionnelle en recherche et innovation, Syndicat des producteurs de bleuets du Québec, Dolbeau-Mistassini

COLLABORATION

Évelyne Barriault, agronome, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction régionale de la Montérégie, secteur ouest

Annie Deslauriers, Ph. D. (Science de l'environnement, UAQC), professeur agrégée, UQAC, Saguenay

Pierre-Olivier Martel, agronome, conseiller en horticulture, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Alma

Véronique Moreau, agronome, directrice générale, Club Conseil Bleuets, Dolbeau-Mistassini

FINANCÉE PAR



Tableau de comparaison des différents systèmes de lutte au gel printanier

Résumé des principaux moyens de lutte au gel printanier afin de répondre aux nombreux questionnements exprimés par les producteurs agricoles. Le tableau comprend toutes les méthodes de lutte qu'elles soient applicables ou non à la culture du bleuet nain.

Méthodes actives	Efficace jusqu'à	Conditions d'utilisation	Avantages	Désavantages	Coût
Irrigation par aspersion	-6 °C	<p>Peut être utilisée seulement si le système en place est fiable et que le débit sera suffisant.</p> <p>Pour que cette méthode soit efficace, le système d'irrigation doit être mis en marche et arrêté au bon moment.</p> <p>L'utilisation d'un thermomètre humide est primordiale.</p> <p>On doit connaître la température de point de rosée et la vitesse des vents.</p> <p>On part le système à une température établie selon le point de rosée (voir le tableau <i>Départ du système d'irrigation</i> [annexe 1 à la page 8]).</p> <p>Lorsque les aéroperseurs ont été mis en marche, ils doivent fonctionner en continu.</p> <p>Le débit du système peut varier. En moyenne, 275 à 300 litres/minute/acre (680 à 740 litres/minute/hectare).</p> <p>Le débit n'est pas suffisant si la glace prend une couleur laiteuse. Elle devrait être claire en tout temps.</p> <p>L'irrigation peut être arrêtée au matin, lorsque de l'eau circule librement entre la glace et les bourgeons.</p> <p>L'irrigation peut être arrêtée si le thermomètre humide indique plus de 0 °C (32 °F) ou que la température de l'air a atteint 1,1 °C (34 °F).</p>	<p>Très efficace pour tous les types de gel (sauf par advection).</p> <p>Permet d'atteindre toutes les parties des plants.</p>	<p>Demande une source d'eau importante</p> <p>Certaines complexités d'opération.</p> <p>Risques élevés de dommages s'il y a défaillance du système pendant l'irrigation.</p> <p>Sursaturation en eau des sols : lessivage des fertilisants, asphyxie des racines et augmentation de la pression des maladies.</p> <p>Si le système n'est pas permanent, il demande beaucoup de main-d'œuvre pour l'installation.</p>	<p>2 700 \$ à 3 500 \$/ac plus installation (pour un système fixe)</p>

3.3 Le gel printanier et automnal

Méthodes actives	Efficace jusqu'à	Conditions d'utilisation	Avantages	Désavantages	Coût
Brouillard de gouttelettes d'eau	ND	À utiliser lorsque la température de point de rosée est proche de la température de l'air. Doit être utilisé par temps calme.	Utilisation de 80 % moins d'eau que par aspersion régulière. Moins de dommages dus au poids de la glace.	Il est difficile d'obtenir la bonne grosseur de particules. Diminue la visibilité aux abords des routes. Efficace uniquement par temps calme.	ND
Brouillard de fumée (feux de paille humide)	NA	Les particules de fumée étant trop petites pour bloquer les radiations, seule la chaleur dégagée par les feux offre une petite protection.		Diminue la visibilité aux abords des routes. Pollution de l'air. Efficacité très limitée.	Négligeable
Brûleurs/chaufferettes (à l'huile, à l'essence ou au propane)	-6 °C	100 à 200 brûleurs/hectares (40 à 80 brûleurs par acre). Les brûleurs sont plus efficaces s'ils sont répartis également dans le champ à protéger. Il est préférable d'utiliser plusieurs petits brûleurs plutôt qu'un gros. Les systèmes automatiques de réchauffage sous pression (fuel pulvérisé) sont jusqu'à deux fois plus performants. Si l'allumage est manuel, le démarrage est lent ou la demande en main-d'œuvre très grande (pour 3 hectares : 6 heures pour une personne ou 30 minutes pour 12 personnes). Prendre en considération le temps d'allumage pour le démarrage du système.	Efficaces contre tous les types de gel. Peuvent être utilisés en combinaison avec les machines à vent pour plus d'efficacité. Difficilement applicable sur les bleuetières.	Pollution de l'air. Une grande partie de l'énergie (75 à 85 %) dégagée par combustion est perdue en altitude. L'effet réel sur le rehaussement des températures est négligeable. Coût élevé et irrégulier des carburants. Réduction de moitié au tiers de leur efficacité après 5 heures de fonctionnement.	ND 300 à 900 litres de combustible/h/ha, selon les modèles

Méthodes actives	Efficace jusqu'à	Conditions d'utilisation	Avantages	Désavantages	Coût
Pains calorifiques/ bûches artificielles/ bougies/ briques	-5 °C	<p>Environ 275 unités de 2 kg/ha.</p> <p>Prendre en considération le temps d'allumage pour le démarrage du système.</p> <p>Le temps d'allumage est de 1 à 2 h/ha.</p> <p>Le temps d'allumage peut considérablement augmenter lorsque l'humidité relative est élevée.</p>	<p>Pollution inférieure à celle produite par les chaufferettes.</p> <p>Peuvent être utilisés en combinaison avec les machines à vent pour plus d'efficacité.</p> <p>Les bûches peuvent être installées à l'avance pendant les périodes à risque.</p> <p>Demandent peu d'investissement (idéal pour les petites superficies).</p>	<p>Durée de fonctionnement limitée (7 à 8 heures pour les bougies et 3 heures pour les bûches et les pains).</p> <p>Demande un espace d'entreposage à l'intérieur.</p> <p>Demande beaucoup de main-d'œuvre pour l'installation (en moyenne 12 h/ha).</p>	275 à 550 \$/ha
Machines à vent (éolienne)	<p>Généralement -2,2 °C</p> <p>Permet de gagner 25 % de la différence de température à 4 et 40 pieds</p>	<p>Pour les superficies d'un minimum de 3 à 4 hectares (7 à 10 acres) (superficie couverte par l'éolienne).</p> <p>Demandent environ 7,5 kWh par acre pour une protection efficace (19 kWh/hectare).</p>	<p>Peuvent servir de protection contre le gel automnal.</p> <p>Démarrage automatisé et rapide.</p>	<p>Bruit important.</p> <p>Inefficace lorsque les vents atteignent de 8 à 16 km/h (5 à 10 miles/h).</p> <p>Fixe, donc inutile lors des années en végétation.</p>	<p>30 000 à 40 000 \$/éolienne</p> <p>30 à 40 \$ de l'heure (propane, gaz naturel, diesel, essence)</p>
Hélicoptère	<p>Généralement -2,2 °C</p> <p>Permet de gagner 25 % de la différence de température à 4 et 40 pieds et plus</p>		<p>Plus efficace qu'une machine à vent.</p> <p>Un seul hélicoptère peut protéger plus de 50 acres (20 hectares).</p>	<p>Bruit important.</p> <p>Solution temporaire.</p> <p>Inefficace lorsque les vents atteignent de 8 à 16 km/h (5 à 10 miles/h).</p>	500 à 800 \$/heure
Méthodes chimiques : Bactéries glaçogènes, Régulateurs de transpiration, Valérianne préparat 507 en Biodynamie		Aucune efficacité prouvée.			