



GEL PRINTANIER ET MÉTHODES DE PROTECTION

Introduction

Au Québec, le gel printanier peut causer des dommages importants aux cultures et représente une source d'inquiétude pour les producteurs de bleuets sauvages chaque année. Pour combattre cet ennemi redoutable, il est important de bien le connaître. Ce bulletin d'information se veut un outil pour vous aider à distinguer les différents phénomènes de gel et orienter votre réflexion sur le choix d'une stratégie de lutte pour prévenir les dommages dus au gel printanier.

Notions de base sur les types de gel printanier

A. *Le phénomène de gel printanier le plus courant dans les bleuetières du Québec est le gel radiatif*

On distingue deux types de **gel radiatif** : les **gelées blanches** et les **gelées noires**.

Le principal facteur qui permet de les différencier est le pourcentage d'humidité contenu dans l'air.

1. Les **gelées blanches** surviennent lorsque les gouttelettes de vapeur d'eau contenues dans l'air forment de petits cristaux de glace sur les surfaces solides. Ce phénomène est communément appelé **gelée blanche**, à cause de la fine couche de frimas, visible à l'œil nu, qui se forme à la surface du sol et des végétaux. Durant la nuit, les rayons du soleil cessent de réchauffer le sol. Ce dernier perd de la chaleur par l'émission de rayonnement thermique. 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. Le taux de perte de chaleur par radiation est partiellement déterminé par la quantité d'humidité présente dans l'atmosphère.
2. Si l'air est sec, la perte de chaleur sera plus grande et causera une **gelée noire**.

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**.

Lorsque la température du point de rosée (« Dew Point » en anglais sur certaines stations météo) est élevée (> 2,2 °C), cela indique que le degré d'humidité relative de l'atmosphère est élevé et qu'il y a des risques de **gelée blanche**. Par contre, lorsque la température du point de rosée est faible (< 2,2 °C), cela indique que l'air est sec et qu'il peut y avoir des risques de **gelée noire**. Le point de rosée est donc une mesure directe de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. La température du point de rosée est disponible sur le site Web d'Environnement Canada (http://www.meteo.gc.ca/canada_f.html).

Une autre caractéristique des nuits où le **gel radiatif** fait des dommages est l'absence de vent qui ne permet pas de faire circuler l'air chaud et de retourner une partie du rayonnement vers le sol.

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.

Le phénomène de **gelée noire** est plus rare, mais cause des pertes plus importantes.

En résumé, les indices qui annoncent un risque de gel radiatif sont :

- Ciel clair durant la nuit (peu de nuages).
- Absence de vent.
- Inversion de température (le gradient vertical de température à partir du sol jusqu'à 30 m est élevé). C'est la température du point de rosée qui déterminera s'il s'agit d'une **gelée blanche** ou **noire** :
 - **Gelée blanche** : température du point de rosée ($> 2,2$ °C), temps plus humide.
 - **Gelée noire** : température du point de rosée ($< 2,2$ °C), temps plus sec.

B. Le deuxième type de gel qui sévit dans les bleuétières du Québec est un gel par advection

Ce type de gel est caractérisé par le passage d'un front froid qui apporte le mouvement horizontal d'une masse d'air froid. Ce phénomène est souvent accompagné de vent fort ($> 4,5$ m/s ou 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...

Ce phénomène de gel est extrêmement difficile à combattre à moins de couvrir les cultures en totalité, ce qui apparaît impossible dans une bleuétière. Il est généralement préférable de ne rien faire au risque d'aggraver la situation.

En résumé, les indices qui annoncent un risque de gel advectif sont :

- Ciel clair ou nuageux.
- Vent fort ($> 4,5$ m/s ou 16 km/h).
- Pas d'inversion de température (le gradient vertical de température à partir du sol jusqu'à 30 m est faible).

C. Le troisième phénomène de gel se nomme gel gelée et combine des caractéristiques des deux types de gel précédents

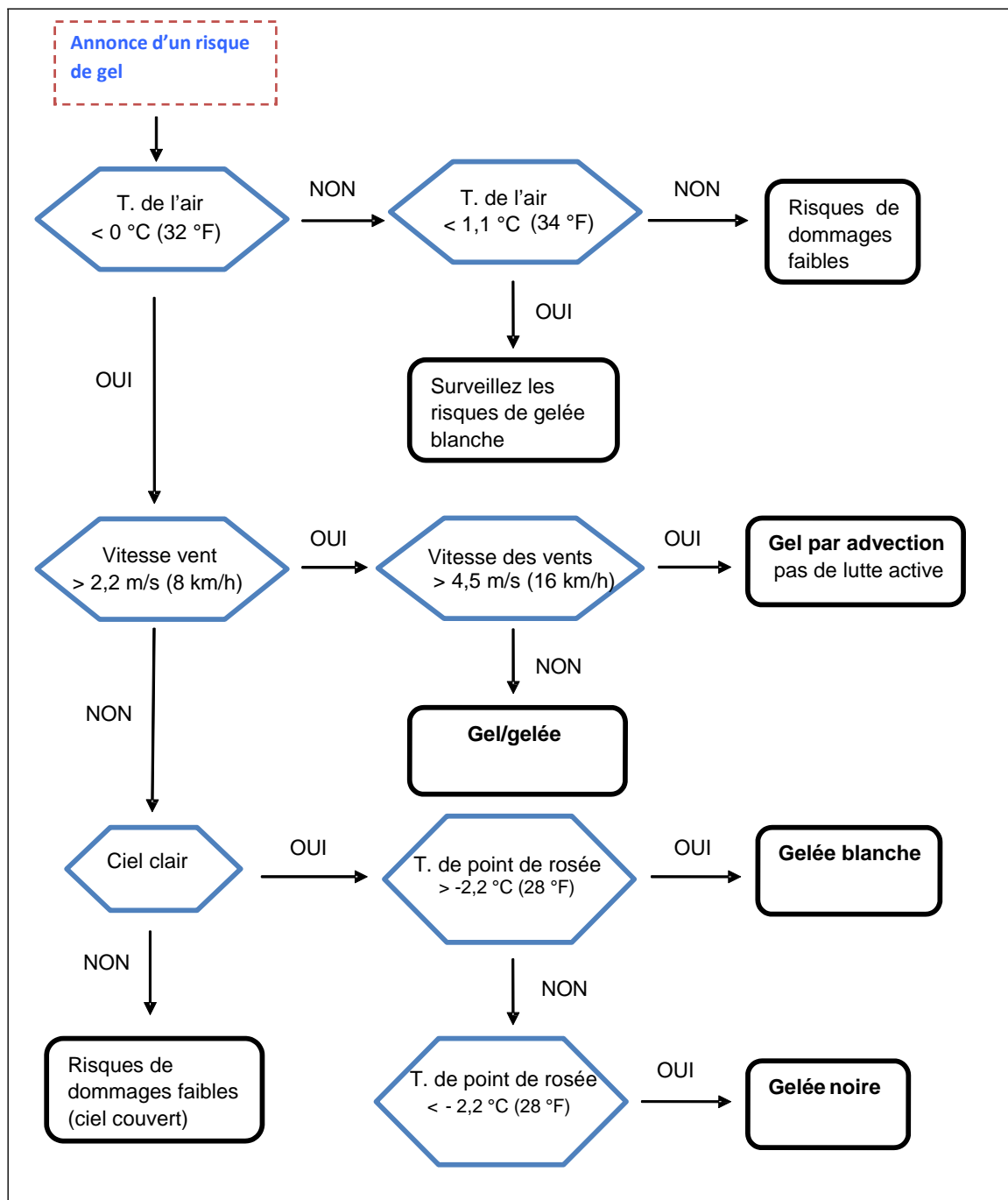
Il est caractérisé par des températures < 0 °C et des vents entre 2 et 4,5 m/s. La protection des cultures pendant ce type d'événement est rendue difficile par la présence de vents soutenus et la durée des températures froides (souvent plus de 10 heures). Pour ces raisons, les méthodes de protection pour ce type de gel se limitent principalement à l'irrigation, mais exigent une réserve d'eau importante.

Méthodes de protection

Les méthodes de lutte contre le gel radiatif s'appliquent difficilement dans la production de bleuet nain compte tenu de l'importance des superficies des bleuétières. L'aménagement de sorties d'air à des endroits clés dans les bleuétières en fonction de l'orientation de l'écoulement d'air responsable du gel en est un. Il s'agit 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.

La clé de diagnostic des types de gel présentée à la section suivante est un outil pratique pour différencier les types de gel.

Clé de diagnostic des types de gel



BARCLAY POLING, E. (octobre 2008). «Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods» dans *Hortscience* Volume 43, numéro 6, p.1658.

Outils de détection des phénomènes climatiques

Il est très important de bien comprendre les phénomènes de gel et d'utiliser des outils de détection, car si certaines méthodes de protection sont très efficaces pour prévenir certains types de gel, les mêmes méthodes peuvent causer des dommages plus importants que l'inaction lorsqu'ils sont utilisés dans les mauvaises conditions.

Voici les outils qui vous permettront de bien distinguer les types de gel :

- Thermomètre sec à hauteur des plants.
- Thermomètre sec à 20 mètres (66 pieds).
- Anémomètre (instrument de mesure de la vitesse du vent).
- Température du point de rosée, avertissement de risque de gel au sol et vitesse du vent disponible par région sur http://meteo.gc.ca/canada_f.html.
- Thermomètre humide (utilisation d'un système d'irrigation/aspersion).

Degré d'efficacité des méthodes de lutte au gel printanier selon le type de gel

Méthodes	Gelée blanche	Gelée noire	Gel/gelée
Machines à vent	***	**	*
Machines à vent et brûleurs	—	**	*
Irrigation par aspersion	***	***	***
Hélicoptère	***	**	—
Brûleurs, bûches	***	**	**
Bonne sélection du site	***	**	*

*** : très efficace ** : efficace * : efficacité limitée — : inefficace ou non applicable

Notez bien que le gel par advection n'apparaît pas dans ce tableau, puisqu'il n'existe aucune méthode de protection efficace contre ce type de gel mis à part la couverture complète des cultures par le buttage ou les toiles géotextiles.

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>

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, Valériane préparat 507 en Biodynamie		Aucune efficacité prouvée.			

Facteurs à considérer pour l'acquisition d'un système de protection contre le gel

- Superficie de la bleuetière.
- Récurrence des gels (pour plus d'information, voir Poling 2008).
- Types de gel.
- Disponibilité des ressources (eau, carburants, etc.).
- Coûts d'acquisition, de fonctionnement et d'entretien du système.
- Disponibilité et coût de la main-d'œuvre.
- Sécurité et environnement.
- Autres besoins à combler par le système (gel automnal, contrôle de l'humidité, irrigation, etc.).

ANNEXE 1

Départ du système d'irrigation

(Dans le cas d'un risque de gel annoncé)

Température de point de rosée	Température de démarrage
-4,4 °C et +	1,1 °C
-5 °C à -6,7 °C	1,7 °C
-7,2 °C à -9,4 °C	2,2 °C

JORGENSEN, G. et coll. (1996). « Microsprayer Frost Protection in Vineyards », *Viticulture and Enology Research Center*, p.5.

ANNEXE 2

Apport d'eau selon la vitesse du vent et l'humidité relative en m³/heure/hectare

Humidité relative (%)	Vitesse du vent en mètre par seconde			
	0	1	2	3
90	11,1	14,6	18,3	21,9
80	11,2	18,3	25,6	32,9
70	11,3	21,9	32,9	43,8
60	11,4	25,6	40,2	54,7

CIVC (novembre 1991). « Les gelées de printemps » dans *Le vigneron champenois*. Hors série, p.33.

Références :

BEARDEN Bruce, 1981. Elkins R. (révision 1997). Vineyard frost protection. Viticulture short course UC. Davis 5p.

COMITÉ INTERPROFESSIONNEL DU VIN DE CHAMPAGNE (C.I.V.C). « Les gelées de printemps » dans *Le vigneron champenois*, Hors série, novembre 1991, p.4-63.

HARNOIS, Roland. *Le coût des différents systèmes d'irrigation*.
[http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/Harnois_Rolland.pdf], (6 novembre 2009).

JOLIVET, Yvon. *Mille et une recettes de lutte contre le gel printanier*.
[<http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/Mille%20et%20une%20recette%20de%20lutte%20contre%20le%20gel%20printanier.pdf>], (7 juillet 2009).

JORGENSEN, G. et coll. (1996). «Microsprayer Frost Protection in Vineyards», dans *Viticulture and Enology Research Center*, publication #960803.

LE GROUPE D'EXPERTS EN PROTECTION DES PETITS FRUITS. *Avertissement No 11, 27 mai 2009*.
[<http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a08pf09.pdf>], (15 octobre 2009)

NC STATE UNIVERSITY. *North Carolina Winegrape Grower's Guide, chapter 11, Spring Frost Control*.
[http://www.cals.ncsu.edu/hort_sci/fruit/winegrapesada/winegrapesada11.pdf], (7 juillet 2009).

OMAFRA. *Des éoliennes anti-gel contre les dommages hivernaux*.
[http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/windmach_info.htm], (31 octobre 2009).

POLING, E BARCLAY. 2008. « Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods ». *Hortscience*, vol 43, no. 6, p.1652-1661. American Society for Horticultural Science, Alexandria, VA, ETATS-UNIS (1966) (Revue)

REYNIER, A. 2003. Manuel de viticulture, 9e édition. Édition Tec & Doc, Paris, France. 548 p.

Texte rédigé par :

Evelyne Barriault, agronome, Direction régionale de la Montérégie, secteur ouest, MAPAQ
Marie-Pier Gosselin, étudiante, ITA

Adaptation :

Pierre-Olivier Martel, agronome, Direction régionale du Saguenay–Lac-Saint-Jean, MAPAQ

LE GROUPE D'EXPERTS EN PROTECTION DU BLEUET NAIN
PIERRE-OLIVIER MARTEL, agronome – Avertisseur
Direction régionale du Saguenay–Lac-Saint-Jean, MAPAQ
Téléphone : 418 662-6457, poste 2868
Courriel : pierre-olivier.martel@mapaq.gouv.qc.ca

Édition et mise en page : Bruno Gosselin et Cindy Ouellet, RAP

© *Reproduction intégrale autorisée en mentionnant toujours la source du document :*
Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information No 01 – Bleuets nain – 2 avril 2014