

Gel printanier

et méthodes de protection

Présenté par Evelyne Barriault, agronome
Conseillère en pomiculture et viticulture au MAPAQ en Montérégie
Webinaire horticole du MAPAQ, 24 février 2022



Plan de la présentation

1. Gel printanier impact des changements climatiques
2. Description des 3 types de gel printaniers
3. Méthodes de protection
 - passives
 - actives
4. Conclusion



Photo: Vicky Filion



Photo: Perle bleue



Photo: Evelyne Barriault



Photo: Luc Urbain

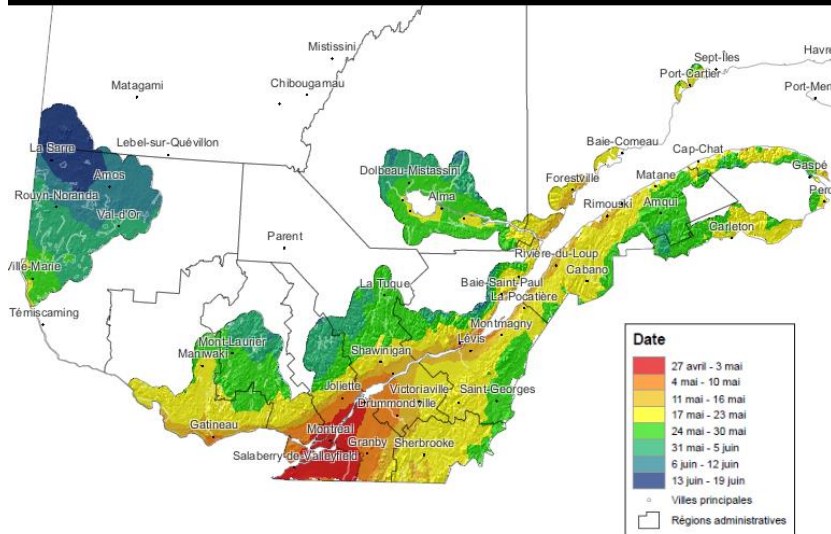
Le gel, un ennemi redoutable

- ✓ Affecte plusieurs cultures fruitières et maraîchères
- ✓ Dans plusieurs régions du monde (5 continents)
- ✓ La vigne probablement une des cultures les plus sensibles...

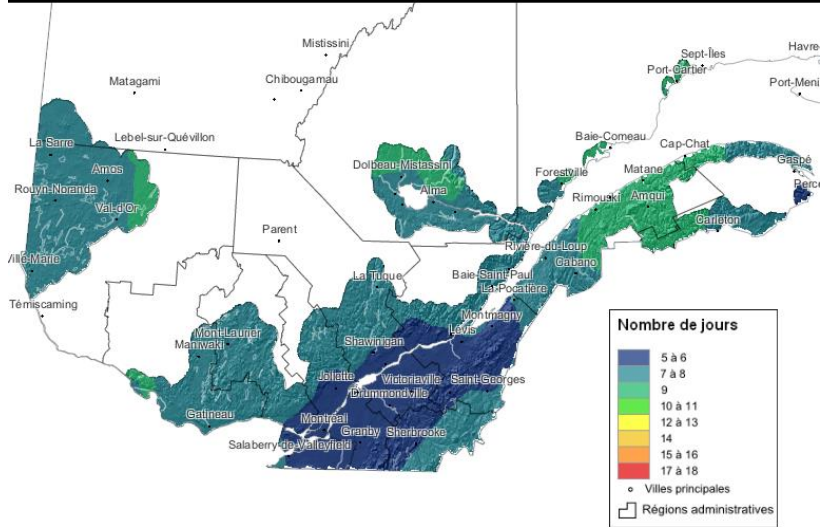
Impact des changements climatiques

Date **moyenne** du dernier gel

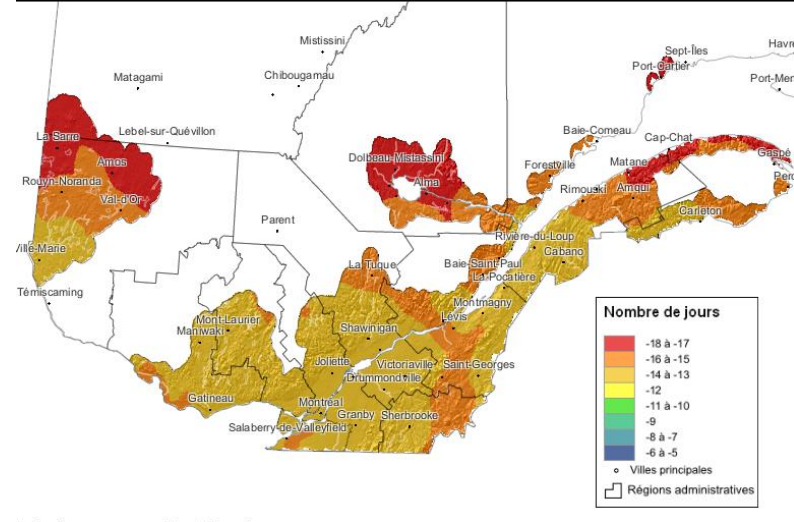
Moyenne de la date du dernier gel printanier (seuil 0°C)



Date du premier gel automnal (seuil 0°C) : Scénario de changement inférieur (2041-2070 vs 1971-2000)



Date du dernier gel printanier (seuil 0°C) : Scénario de changement supérieur (2041-2070 vs 1971-2000)



Préparé par : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, OURANOS, Fondsvert Québec, Ressources naturelles Canada, Natural Resources Canada

Préparé par : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, OURANOS, Fondsvert Québec, Ressources naturelles Canada, Natural Resources Canada, Canada

Préparé par : OURANOS, En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, Fondsvert Québec, Ressources naturelles Canada, Natural Resources Canada, Canada

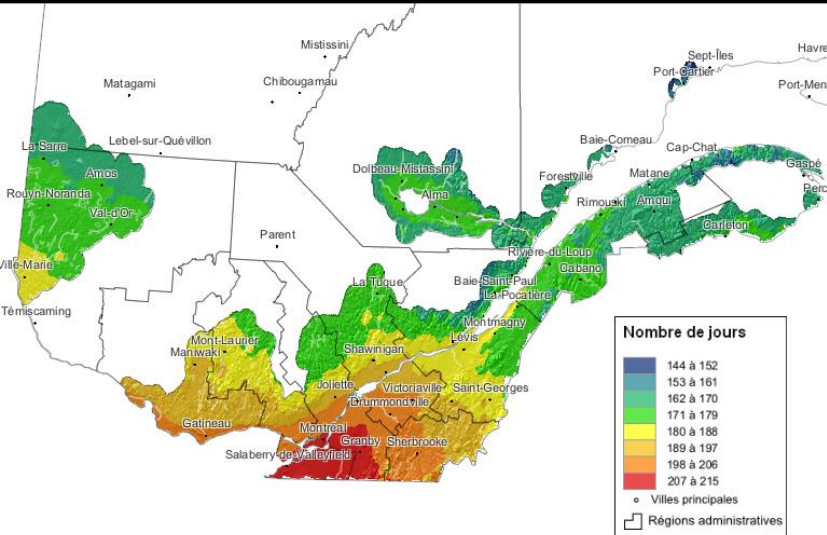
Les gels printaniers pourraient survenir plus tard et plus souvent.

Source: Atlas agro climatique du Québec

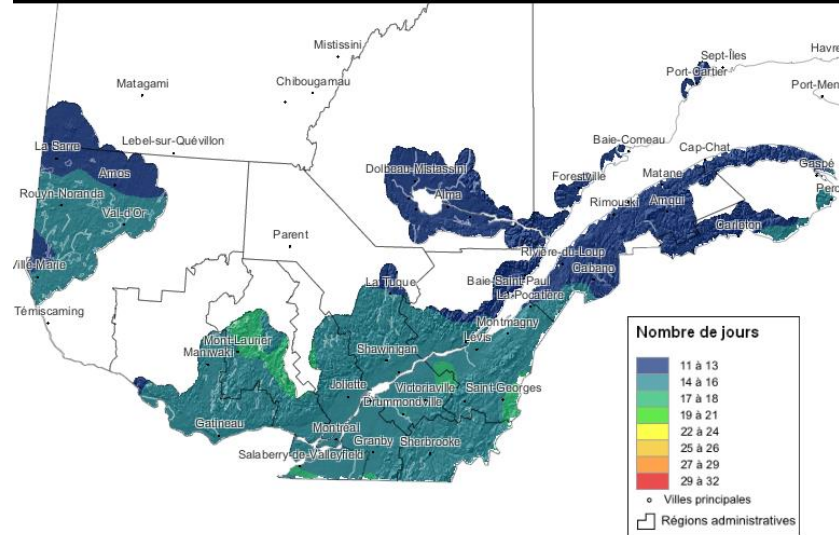
Impact des changements climatiques

Longueur de la saison de croissance

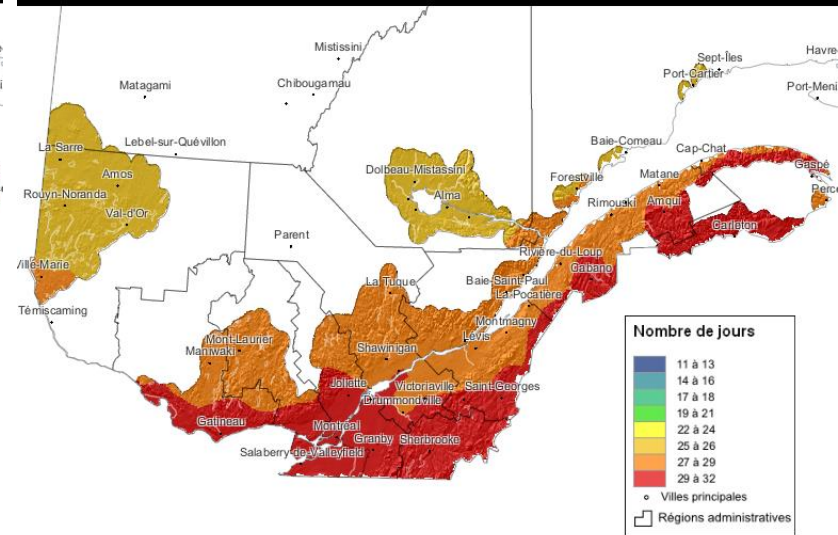
Longueur de la saison de croissance: Normale (1971-2000)



Longueur de la saison de croissance: Scénario de changement inférieur (2041-2070 vs 1971-2000)



Longueur de la saison de croissance: Scénario de changement supérieur (2041-2070 vs 1971-2000)



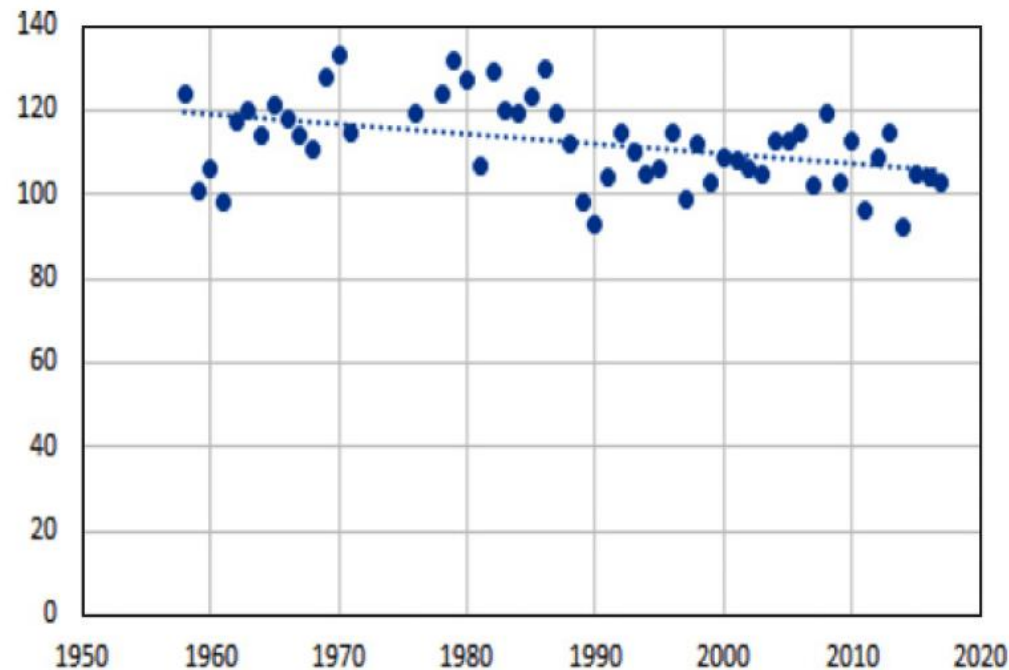
Préparé par : En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada Agriculture and Agri-Food Canada Fondsvert Québec

Préparé par : En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada Agriculture and Agri-Food Canada Fondsvert Québec

Préparé par : En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada Agriculture and Agri-Food Canada Fondsvert Québec

La saison pourrait s'allonger de 14 à 30 jours...

Changements climatiques et date de débourrement du cépage Riesling (vigne)



**Débourrement
15 jours plus tôt
pour le Riesling en
Alsace!**

Figure 31. Évolution de la date de débourrement pour le cépage Riesling en Alsace depuis 1958 jusqu'à 2017 (Source E. Duchêne/ INRAColmar). Dans Rochard, J. et al. 2019

Trois types de gel

Gel radiatif (le plus fréquent)

- gelées blanches
- gelées noires

Gel advectif

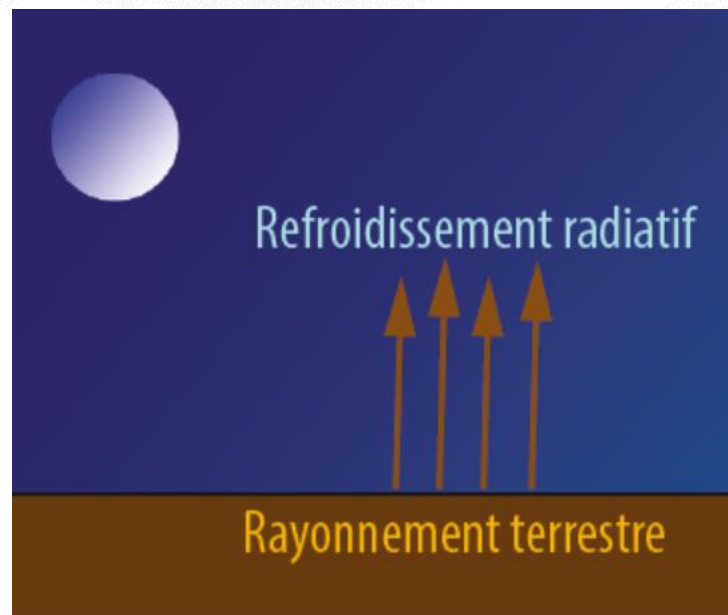
Gel-gelée ou gel par évaporation

Gel radiatif

Que se passe-t-il?



Le jour, le soleil réchauffe le sol.

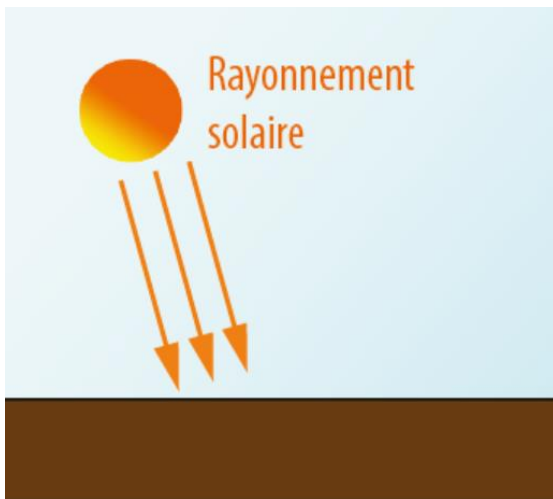


Le soir, la température baisse, le sol perd de la chaleur par rayonnement.

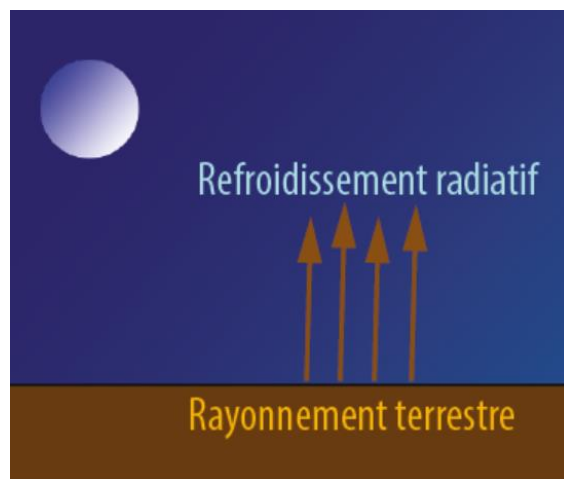
Le gel radiatif est le type de gel le plus fréquent. La lutte active est possible.

Gel radiatif

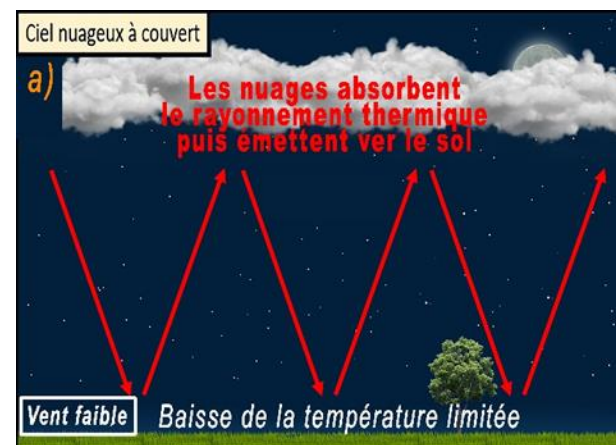
Que se passe-t-il?



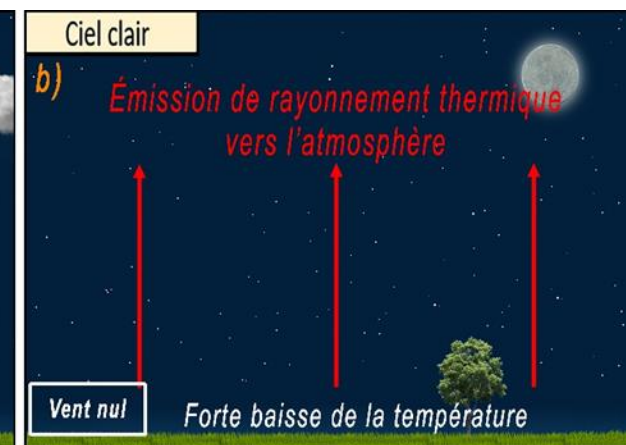
Le jour, le soleil réchauffe le sol.



Le soir, le sol perd de la chaleur par rayonnement.



Si le ciel est nuageux ou s'il y a du vent, une partie de la chaleur retourne vers le sol.

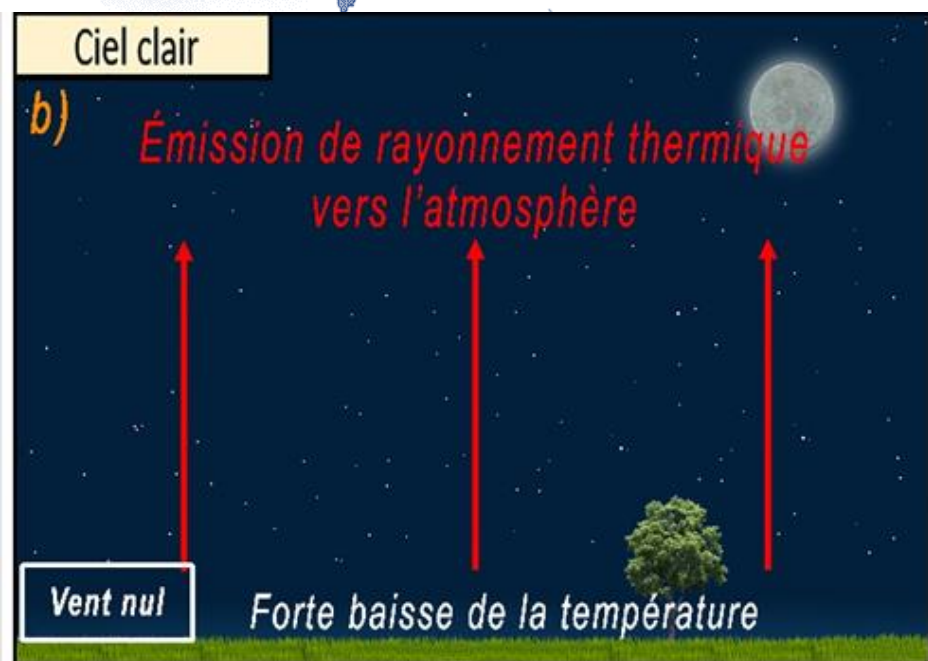


Si le ciel est clair, la perte de chaleur est plus grande.

Gel radiatif

Comment le reconnaître:

- ✓ Ciel clair durant la nuit
- ✓ Absence de vent (< 7-8 km/h)
- ✓ Inversion de température (gradient vertical de température): la température est plus chaude à 10-15m qu'au sol
- ✓ **Lutte active possible**



Grande perte de chaleur; pas de nuage pour la capter, pas de vent pour mélanger l'air chaud et froid.



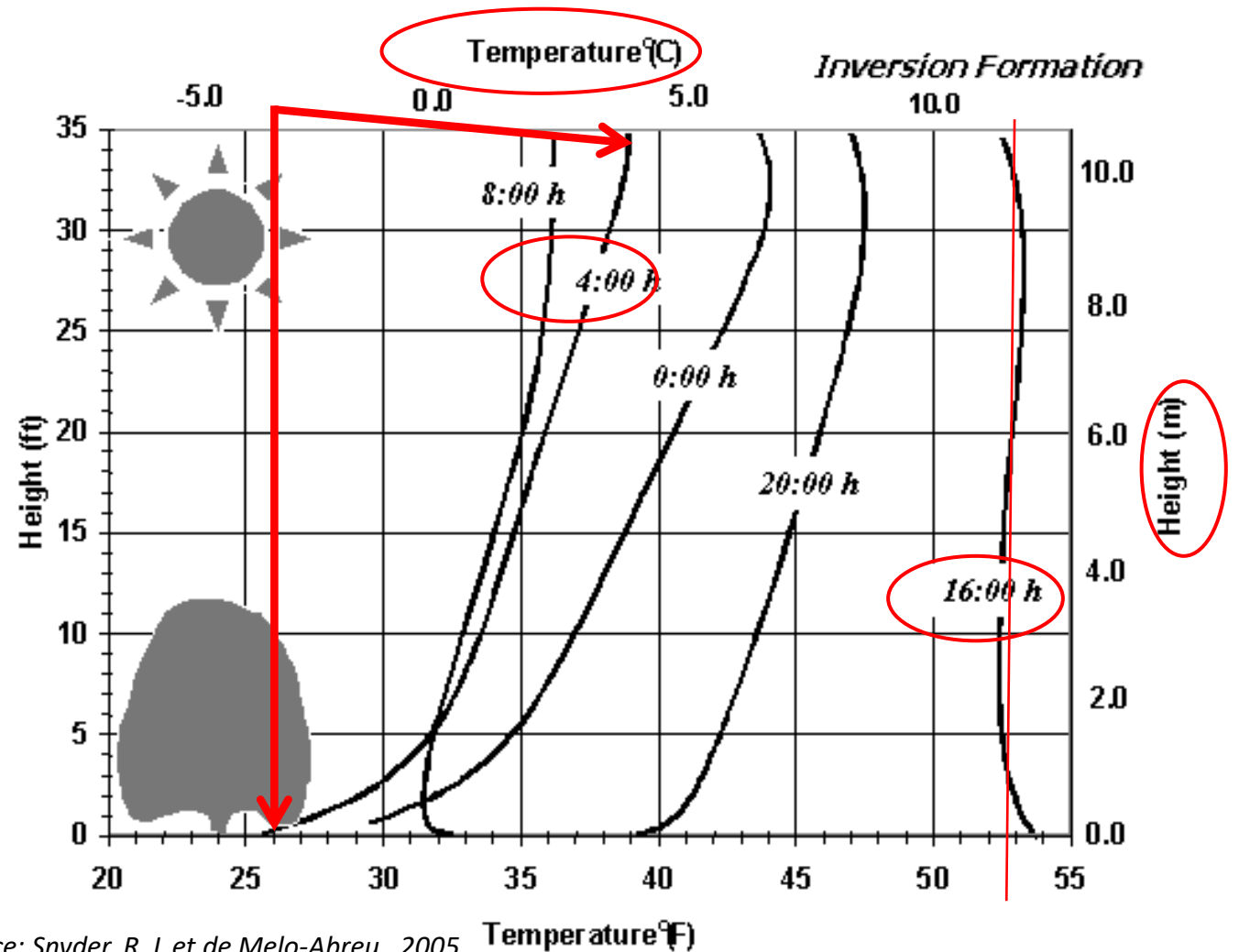
Inversion de température:

L'air chaud monte vers le ciel, l'air froid (plus dense et plus lourd) s'accumule près du sol. Il fait plus chaud à 10-20m qu'au sol.

Gel radiatif et inversion de température

Dans cet exemple:

16 h: même température à 10 m et au sol
20 h: Il y a 2 °C d'écart entre la température au sol et à 10m
4 h du matin il fait -4°C au sol et +4°C à 10 m de hauteur



Source: Snyder, R. L et de Melo-Abreu, 2005

Gel Radiatif

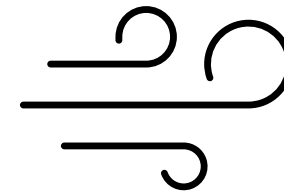
Selon % d'humidité dans l'air (point de rosée)

Gelée noire : température du point de rosée
($< 2.2^{\circ}\text{C}$), temps plus sec.

Gelée blanche : température du point de rosée
($> 2.2^{\circ}\text{C}$), temps plus humide.



Gel advectif



Comment le reconnaître:

- ✓ Ciel clair ou nuageux
- ✓ **Vent fort (> 16 km/h)**
- ✓ Pas d'inversion de température; l'air est froid, du sol jusqu'à 10 m.
- ✓ Passage d'un front froid
- ✓ Lutte active non recommandée (sauf couvertures)



Gel-gelée ou
gel par
évaporation

Comment le reconnaître:

- ✓ Combine les caractéristiques du gel radiatif et advectif
- ✓ Vents entre 8-16 km/h
- ✓ **Longue durée, souvent plus de 10 h**
- ✓ Lutte active difficile

Outil décisionnel pour distinguer les types de gel

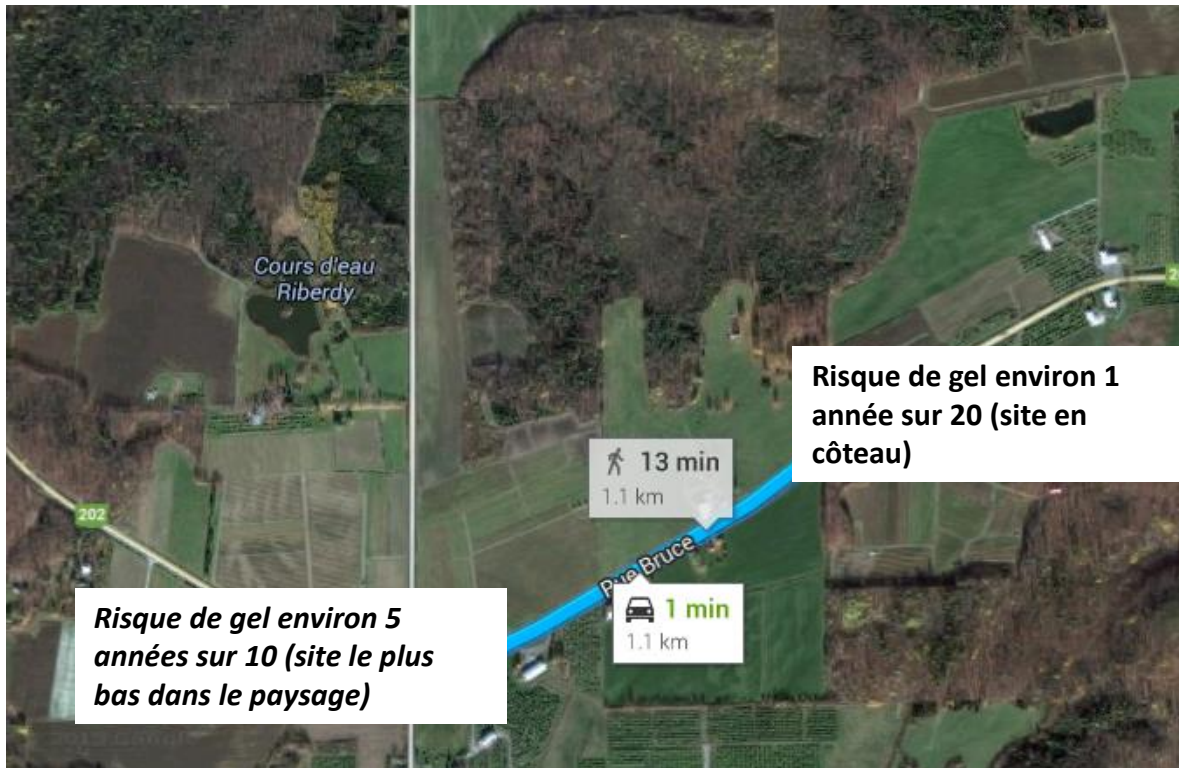


Adapté de:
BARCLAY
POLING, E. (2008)
par E. Barriault et
V. Ikani.

Grande variabilité spatiale

Risque de gel très dépendant du site

Exemple: 2 vignobles à moins de 1km de distance avec des probabilités de risque de gel très différentes en raison de leur position dans le paysage

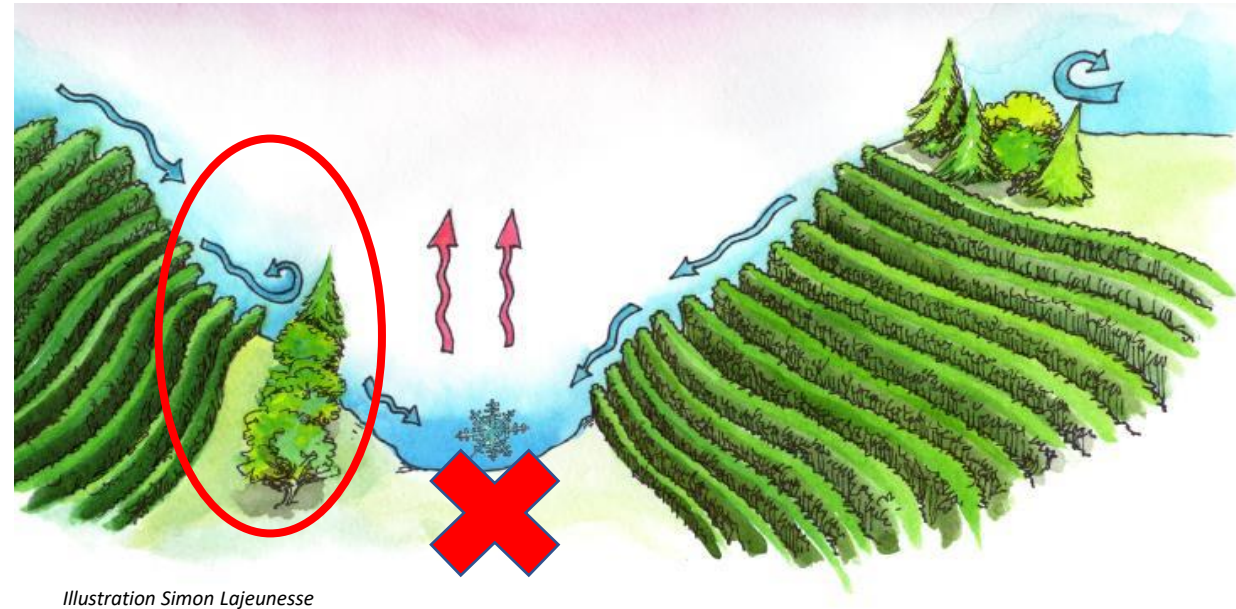


Importance d'avoir des données météo fiables du site avec des sondes à différentes hauteur

Méthodes de protection passives

1. Choix et aménagement du site!

- ✓ Position dans le paysage; éviter les dépressions
- ✓ Aménager le site pour assurer l'écoulement de l'air froid (taille du bas des arbres, déboisement ou installation de haies d'arbres ou obstacles pour dévier le parcours de l'air froid)
- ✓ Pour les cultures pérennes: placer les variétés ou cultures les plus à risque sur les parcelles les moins à risque



Méthodes de protection passives

Pratique culturale

- ✓ Faucher l'herbe
- ✓ Ne pas travailler le sol (conserver l'humidité)
- ✓ Irrigation
- ✓ Retarder la taille et l'attachage des vignes



Méthodes de protection actives

- ✓ Irrigation
- ✓ Machines à vent
- ✓ Hélicoptères
- ✓ Feux
- ✓ SIS
- ✓ Autres

2 façons d'intervenir:

1. Réduire la perte d'énergie
2. Fournir de l'énergie additionnelle

Irrigation par aspersion



Source image: <http://www.shakybridge.co.nz/vineyard>

- ✓ Utilisé depuis 1940 aux É-U
- ✓ Réaction exothermique: la transformation de l'eau en glace produit de l'énergie (chaleur)
- ✓ Système doit être fiable (débit d'eau constant et suffisant)
- ✓ Protège jusqu'à -6°C
- ✓ Efficace pour gel radiatif et gel-gelée
- ✓ Ne pas utiliser si le vent > 20 km/h

Irrigation par aspersion

Conditions de réussite



Source: Dr. Carlos G , MSU

Avoir accès à beaucoup d'eau

45-52 m³/h/ha durant toute la période critique (parfois plusieurs nuits)

Présence de **main-d'œuvre qualifiée** pour opérer le système

Le démarrage du système fait chuter la température; il faut le démarrer avant d'atteindre la température critique.

Il faut connaître la température du point de rosée pour démarrer le système d'irrigation.

Ajuster le débit selon la vitesse du vent et l'humidité relative.

Méthodes de protection

•Irrigation par aspersion: conditions de réussite

- ✓ **Le démarrage** du système d'irrigation dépend de la température du point de rosée.
- ✓ Plus la température du point de rosée est élevée plus il faut démarrer le système rapidement.

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.



Méthodes de protection

- **Irrigation par aspersion: conditions de réussite**

✓ Ajuster le **débit** d'eau **selon l'humidité** relative et **la vitesse des vents**

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.

Indice: si la glace prend une couleur laiteuse c'est que le débit n'est pas suffisant. La glace doit être claire en tout temps.



Source de l'image: Mark Greenspan, wine business

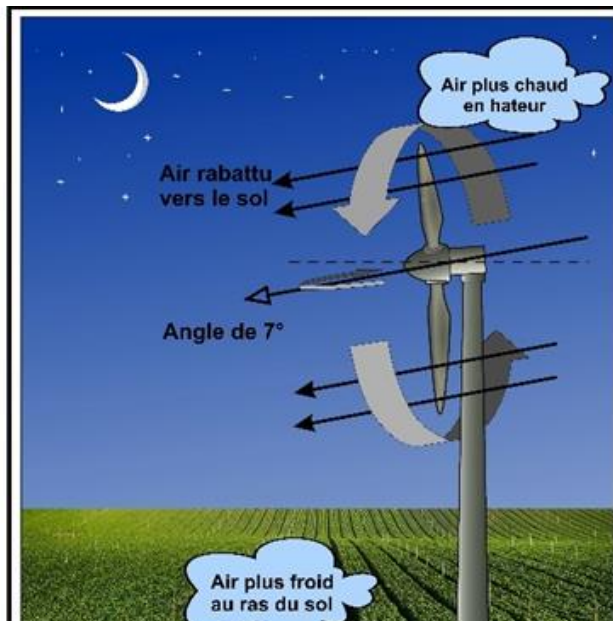
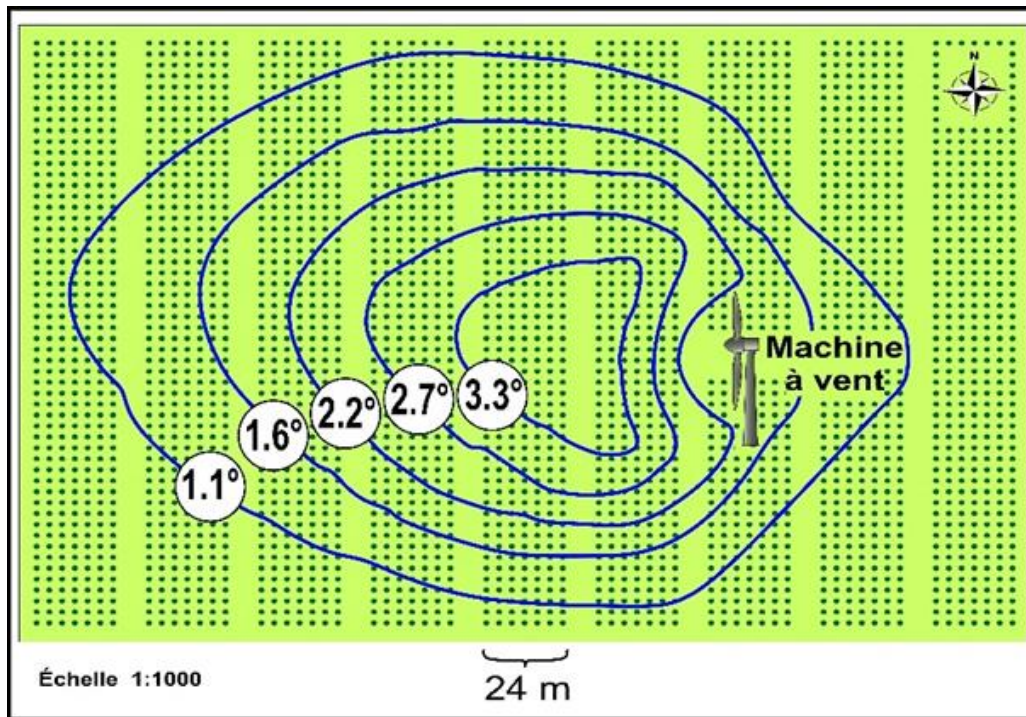
Machines à vent

Protection contre le
gel radiatif
seulement



- ✓ Introduites dans les années 1920 au États-Unis
- ✓ Utilisées dans plusieurs pays sur 5 continents
- ✓ Protection contre le gel printemps et automne
- ✓ En Ontario, protection contre le gel hivernal aussi!
- ✓ Ce ne sont pas des éoliennes: Ne pas les utiliser lorsqu'il vente >20 km/h!
- ✓ Environ 55 000 \$ + frais d'opération environ 45\$/h

Machines à vent; conditions de réussite



On doit s'assurer que:

- ✓ Il y a une inversion de température (mesurer la température à 10-15 m).
- ✓ Le vent est faible.
- ✓ Démarrer avant d'atteindre la température critique de la culture (2-3 degrés).
- ✓ Bien positionner la machine.

(Source: Adapté de Books et al., 1952; Orchard et al., 2019)
par Vahid Ikani

Growth stage	Critical temperatures	Suggested Temperatures for start-up of wind machines*
Dormant bud (just prior to bud swell)	Minus 4 °C or 25 °F	Minus 1 to Minus 2 °C
Dormant swollen bud	Minus 3 °C or 27 °F	Minus 1 to 0 °C
Bud Burst	Minus 2.2 °C or 27/28 °F	0 C to Plus 1 °C
One leaf unfolded	Minus 1.5 °C or 28/29 °F	Plus 1 C to Plus 2 °C
Two or more leaves unfolded	Minus 1 to 0 °C or 30 to 32 °F	Plus 1 C to Plus 2 °C

**For optimal use of wind machines, it is suggested that the start-up temperatures be set at 2 to 3 degrees warmer than the critical temperatures listed so that they can be active as the ground temperature declines and provide protection before we reach critical temperatures.*



Machines à vent:

- ✓ Poussent l'air chaud, qui se trouve en hauteur, vers le bas;
- ✓ Contribuent à assécher les tissus végétaux ce qui les rend moins sensibles;
- ✓ Protègent environ 4 ha + ou- selon topographie;
- ✓ Permettent de gagner environ 50 % de la différence de température;
- ✓ Sont très bruyantes... (70 à 100 dB à 300m).

Machines à vent portables



La société Filextra propose, depuis septembre 2014, une tour antigel mobile, Orchard-Rite.



Orchard Rite, Tow & Blow

- ✓ Pas de fondation en béton, possibilité de la déplacer
- ✓ Hauteur max 6 - 8m
- ✓ Hauteur et rotation ajustable
- ✓ Doit être placée de façon à profiter de la direction naturelle du mouvement de l'air, en haut de pente
- ✓ Coûts d'acquisition 57 à 72 000
- ✓ Coûts d'opération relativement faibles
- ✓ Efficacité à démontrer

Hélicoptère

- ✓ Même principe que les machines à vent
- ✓ Souffle l'air chaud qui se trouve en hauteur vers le bas
- ✓ Plusieurs modèles d'hélicoptère; les plus petits sont moins chers, mais sont moins ou pas efficaces
- ✓ Doit survoler la zone tous les 4 à 7 minutes
- ✓ Environ 800 à 2 000 \$/heure
- ✓ Disponibilité...
- ✓ Protège jusqu'à 20 ha selon la taille de l'hélicoptère et l'ampleur du gel



Méthodes de protection

•Bûches artificielles , bougies et brûleurs

- ✓ Réchauffent l'air près du sol
- ✓ Efficaces contre tous les types de gel
- ✓ Protègent jusqu'à -5°C
- ✓ Besoin d'environ 275 bûches par hectares, 75 brûleurs, 350 bougies
- ✓ Environ 900 \$/ha bûches (2,5h), + de 3 500 \$/ha bougies (10 heures d'autonomie)
- ✓ Besoin de main-d'œuvre pour allumer les feux
- ✓ Temps d'allumage environ 1-2 heure/ha



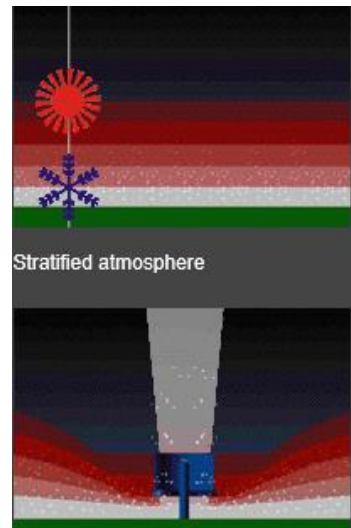
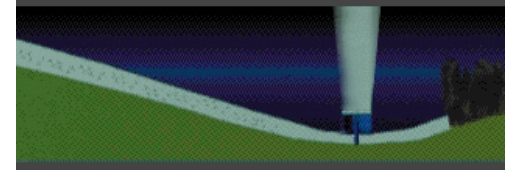
http://www.maisons-champagne.com/encyclopedie/vignes_au_plaisir/halte_gel.ht



Méthodes de protection

- **SIS™** : *Selective Inverted Sink*

- ✓ Doit être placé au point le plus bas, là où l'air froid s'accumule
 - ✓ Aspire l'air froid et le projette vers le haut...
 - ✓ Parfois plusieurs machines sont requises
 - ✓ N'est pas adapté aux sites en terrains plats, à moins de placer des barrières autour
 - ✓ Doit être connecté au tracteur
- (PTO environ 540 tr/min)



Méthode de protection avec toiles géotextiles

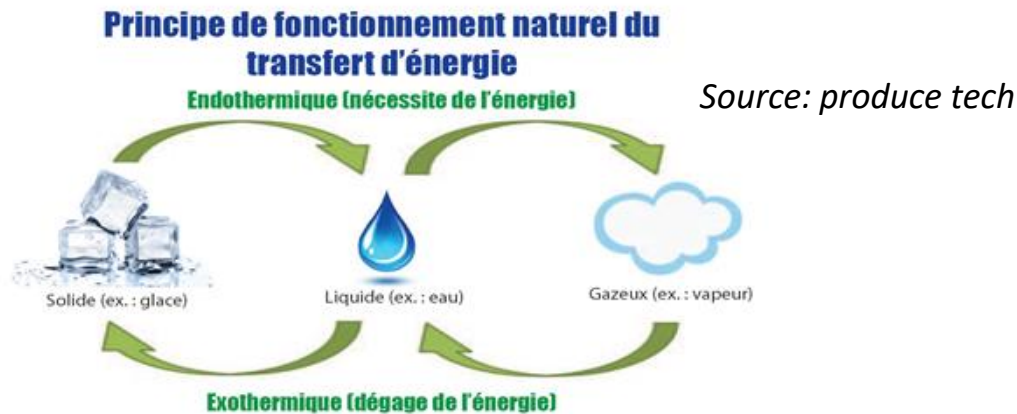
- Installer les toiles en fin de journée, juste avant le coucher du soleil mais avant que le sol perde sa chaleur
- S'assurer que les toiles sont bien fermées
- Enlever les toiles le matin lorsque la température passe au dessus du point de congélation



Agrofrost frost guard

Efficacité à démontrer

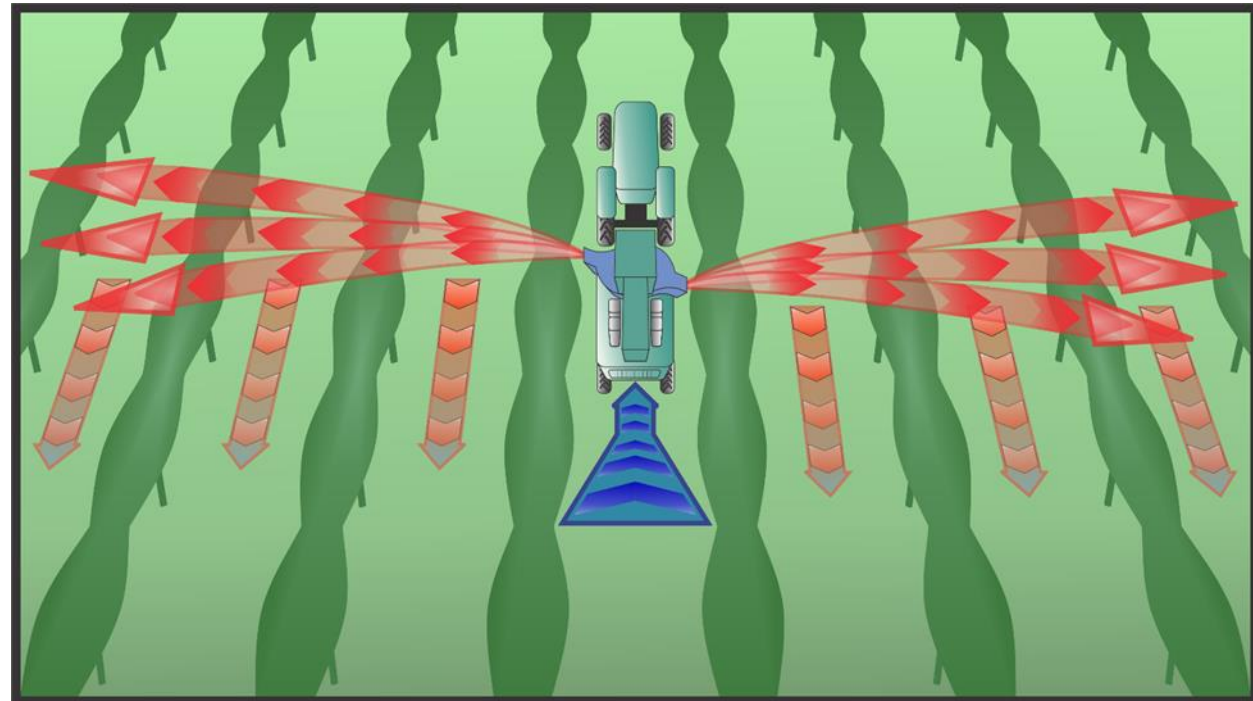
- ✓ Propulse de l'air chaud qui crée de la vapeur sur les végétaux. Cette vapeur se transforme en eau, puis en glace. Cette réaction produit de la chaleur.



Nouveau...

Frost Dragon

- Projète de l'air chaud sur 45 à 60 m
- Couvre plusieurs rangées de vignoble et verger
- Doit repasser au même endroit toutes les 7-8 min.
- Max 2 ha
- Tracteur d'au moins 65 HP avec des poids à l'avant
- Peut protéger jusqu'à -7°C
- Coût environ 30 000 \$ + opération 165 \$/ha



Nouveau...

Heat ranger

- Développé en Nouvelle-Zélande
- Canon oscillant qui souffle de l'air chaud
- Pourrait protéger 10 à 20 ha...? Variable selon la configuration du site et l'intensité du gel



Figure 28. Diffuseur d'air chaud Heat Ranger (Photo : www.heat-ranger.com).

Nouveau...

Câbles chauffants

- Produisent un flux de chaleur sur 5 à 10 cm à 28-30°C
- Coût 45 000 à 60 000 \$ + opération 145\$CND /ha/an



Figure 29. Protection par câble chauffant (Photo : www.technitrace.fr).



Autres méthodes de protection...

- ✓ Brouillard de fumée et gouttelettes
- ✓ Urée
- ✓ Élycitol PEL I 0 I-GV
- ✓ Valérianne et préparat 507 biodynamie
- ✓ Bactérie antigel

Appliquer la bonne méthode de protection

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



Conclusion

- ✓ **Le gel radiatif est le phénomène le plus fréquent**, selon les scénarios de changement climatique, la problématique risque de s'accroître.
- ✓ **Grande variabilité spatiale**, il est important d'avoir accès à des données météo fiables sur le site.
- ✓ **La meilleure protection est souvent une combinaison de méthodes passives et actives.**

**Merci de votre attention!
Bonne saison 2022!**

**Evelyne Barriault, agronome
conseillère en pomiculture et
viticulture au MAPAQ**

evelyne.barriault@mapaq.gouv.qc.ca



Références

- <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7062/Vigne-Gelees>
- BARCLAY POLING, E. (octobre 2008). «Spring Cold Injury to Winegrapes and Protection Strategies and Methods» dans *Hortscienc.e*, Volume 43, numéro 6, p.1658.
- Baclay Poling, S. Spayd. 2015. Spring frost control north Carolina growers guide NC State university. En ligne: <https://content.ces.ncsu.edu/north-carolina-winegrape-growers-guide>
- Fraser, H. K. Slingerland, K. Ker, H.Fisher, R. Brewster. 2008. Wind machines for minimizing Cold injury, Infosheet. OMAFRA. 8p.
- Gohil, H. 2018. Frost protect in orchard- methods, update, cost. Rutgers.edu. En ligne: <https://njaes.rutgers.edu/peach/orchard/pdf/Frost-Protection-in-Orchards-Methods,-Updates-and-Costs.pdf>
- Fraser, H. 2021 <https://www.ontario.ca/page/wind-machines-minimizing-cold-injury-horticultural-crops>
- Rochard, J., Monamy, C., Pauthier, B. et A. Rocque. 2019. Stratégie et équipements de prévention vis- à-vis du gel de printemps et de la grêle. Perspectives en lien avec les changements climatiques, projet ADVICLIM. 41st World Congress of Vine and Wine. En ligne: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2019/01/bioconf-oiv2018_01012.pdf
- Snyder, R. L et de Melo-Abreu , 2005 . Frost protection fundamentals, practices and economics – Volume 1. FAO corporate document. En ligne: <http://www.fao.org/3/y7223e/y7223e00.htm#Contents>
- Willwerth, J., Dr. Kevin Ker and Dr. Debbie Inglis, 2014. Best management practices for reducing winter injury to grapevines. CCOVI, Brock university.