



# Gels

## DE PRINTEMPS EN VERGERS

- Différents types
- Seuils critiques
- Moyens de lutte

## AVANT-PROPOS

# Anticiper et parer aux caprices du climat

Les épisodes gélifs de printemps ont des répercussions négatives sur la production de fruits. Le changement climatique couplé à l'évolution du matériel végétal accentue le phénomène car le débourrement des fruitiers est souvent plus précoce qu'il y a quinze ans.

Face à ce constat, il apparaît indispensable d'adopter une attitude offensive contre les gelées printanières. Ce document, à l'attention des arboriculteurs, définit les notions de risques et les méthodes les plus appropriées pour limiter les dégâts.

## SOMMAIRE

Les différentes formes de gels	2
Les seuils critiques	4
Contre le gel, la lutte passive	5
Contre le gel, la lutte active	6
Déclenchement de la lutte: les méthodes	9
Quels moyens pour quelle lutte	10



© P. DELON



# Les différentes formes

Si le gel de rayonnement nocturne est le principal responsable des dégâts observés sous nos latitudes, deux autres formes de gel existent également. Explications.

## 1. LE GEL DE RAYONNEMENT NOCTURNE

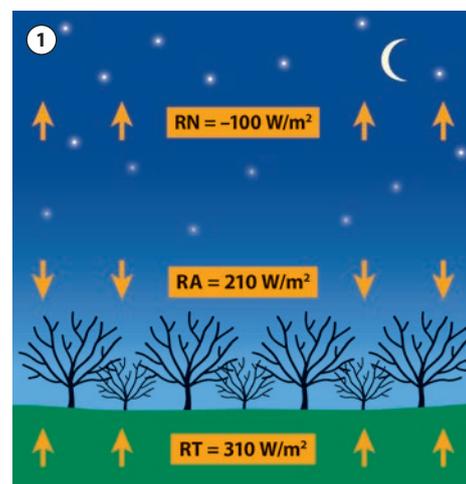
### Quelques notions préalables

Le soleil réchauffe le sol au cours de la journée par rayonnement solaire. Le sol perd une partie de cette énergie par **rayonnement thermique (RT)** infra-rouge en permanence. L'atmosphère restitue tout ou partie du rayonnement thermique: c'est le **rayonnement atmosphérique (RA)**. Il sera d'autant plus élevé que la quantité de vapeur d'eau sera importante: c'est le cas en présence de nuages bas et/ou de forte hygrométrie de l'air. Le **rayonnement net (RN)** est le bilan entre le rayonnement atmosphérique et le rayonnement thermique et traduit la perte d'énergie ( $RN = RA - RT$ ).

### Le mécanisme du gel de rayonnement

Les conditions sont favorables au gel de rayonnement si:

- la température du sol est de 0°C. La perte par rayonnement thermique est alors voisine de 310 Watts/m<sup>2</sup>
- la nuit est suffisamment longue
- on note l'absence presque totale de vent
- l'air a une faible hygrométrie.



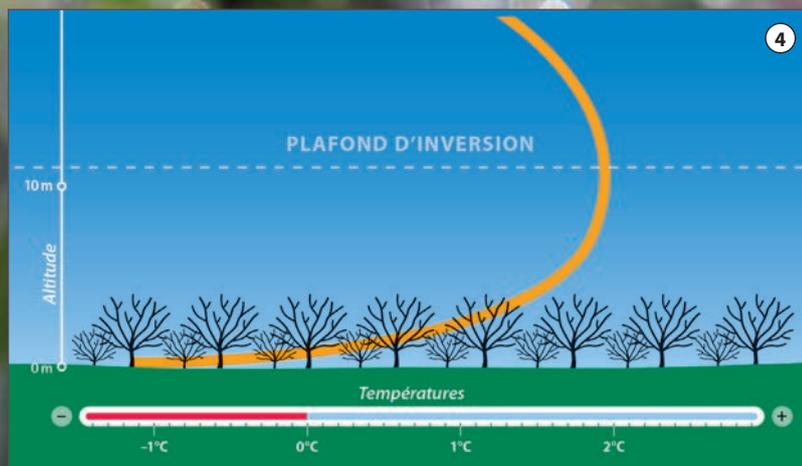
### Ciel clair

La perte d'énergie et les risques de gel sont importants. En l'absence de nuages, le rayonnement atmosphérique est de l'ordre de 200 à 250 W/m<sup>2</sup> en fonction de l'augmentation du taux d'humidité de l'air. Le déficit thermique peut atteindre les 100 W/m<sup>2</sup> (voir ci-dessus, figure 1).

Dans des conditions de faible hygrométrie, il est peu probable qu'un brouillard se forme avant la gelée. Si l'air est sec et le vent quasiment absent, on peut observer des baisses



# de gels



## LE PLAFOND D'INVERSION

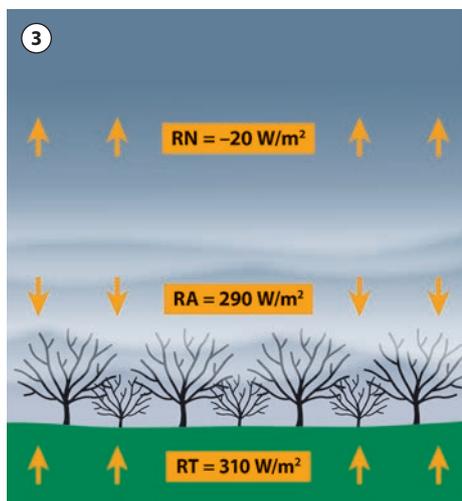
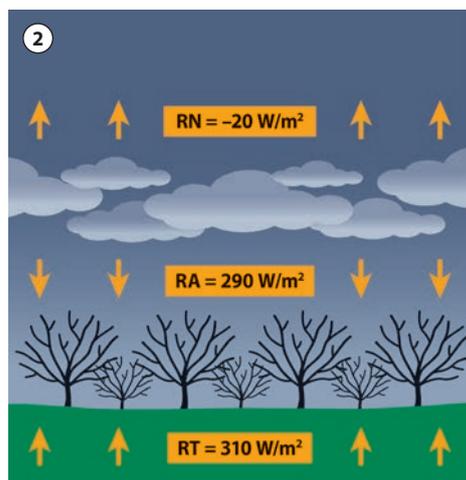
L'air froid étant le plus dense, on le retrouve au niveau du sol et de la frondaison des arbres. La température augmente ensuite jusqu'à 10-14 mètres de hauteur pour décroître à nouveau avec l'altitude (en moyenne 0,6°C/100 m) au-delà du «plafond d'inversion». Ce phénomène explique que, par temps clair et en présence de vent, on peut avoir un brassage de l'air qui réchauffe les couches les plus froides. Dans le cas de risques de gel de rayonnement, ce brassage peut être provoqué artificiellement par l'utilisation de tours à vent.

© STOCK.ADOBE.COM

de température supérieures à 15°C entre le coucher et le lever du soleil avec de brusques pertes de 2°C à 4°C par heure en début de nuit. Il est à noter la présence d'un **plafond d'inversion de température** à une douzaine de mètres au-dessus du sol (voir encart).

### Ciel nuageux

En présence de nuages bas, l'énergie fournie par la surface du sol est restituée par le rayonnement atmosphérique. Il est de l'ordre de 290 W/m<sup>2</sup>. La perte exprimée en rayonnement net (RN) n'est que de 20 W/m<sup>2</sup>. On observe un faible refroidissement de surface. La baisse des températures est inférieure à 1°C pour chaque pallier de 100 m en altitude. Il n'y a pas de plafond d'inversion (voir ci-dessous, figure 2).



### Forte hygrométrie

Le cas le plus significatif est la présence de **brouillard**. Dans cette situation, le rayonnement thermique est absorbé par les gouttelettes en suspension dans l'atmosphère. Le rayonnement atmosphérique restitue en grande partie l'énergie ainsi emprisonnée, plus celle dégagée par la formation de ces gouttes. La présence de brouillard est bénéfique si celui-ci se forme avant que les températures ne deviennent négatives (voir ci-dessus, figure 3).

### Faible hygrométrie

C'est dans ces conditions que les risques de gelées sont importants, le rayonnement net étant largement déficitaire.

## 2. LE GEL D'ADVECTION

Le gel d'advection est causé par la brusque arrivée d'une masse d'air froid et sec de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Face à ce phénomène, la couverture nuageuse ou une forte hygrométrie de l'air ne jouent pas leur rôle de régulateur dans les transferts d'énergie.

A l'inverse, la présence de cette masse d'air accentue le risque lié au gel de rayonnement. Les dégâts sont importants, comme ceux observés dans de nombreux secteurs en 2021. Une grande étendue d'eau peut jouer le rôle de tampon si celle-ci se situe entre l'arrivée de ce flux d'air et les vergers à proximité (voir photo ci-dessous).



© A. DUSSAUD

### 3. LE GEL D'ÉVAPORATION

On observe ce type de gel la plupart du temps quand le ciel se dégage en soirée, après un épisode humide (pluie, brouillard...). Les végétaux n'ont pas le temps de sécher avant le coucher du soleil. Dans ce cas, plus l'hygrométrie de l'air est faible, plus l'eau présente sur les arbres, et les fruits en particulier, va s'évaporer avec une perte énergétique importante, synonyme de gel si l'air est froid. Le même phénomène peut se produire sur des fruits humides avec l'arrivée d'un flux d'air froid et sec. Et enfin des dégâts sont observés dans le cas du déclenchement d'une aspersion sur frondaison trop tardive ou de son arrêt trop précoce.

Dans ces différents cas, il est nécessaire d'utiliser un thermomètre humide afin de déterminer l'écart entre la température du végétal et celle de l'air. Cet écart peut être de 3°C si l'hygrométrie de l'air est faible.

**À NOTER** Les trois types de gel peuvent se retrouver simultanément ou successivement au cours d'une même nuit et ainsi engendrer de grosses pertes.

#### GELÉE NOIRE OU GELÉE BLANCHE ?

Ce n'est pas le type de gel, mais l'humidité de l'air qui détermine la formation de givre. C'est ce que l'on observe dans le cas d'un gel de rayonnement accompagné d'une forte hygrométrie de l'air. Nous sommes alors en présence d'une **gelée blanche**. La **gelée noire** qualifie les gelées d'advection ou d'évaporation où il n'y a généralement pas de constitution de givre.



© P. DELON



© SUDEXPÉ

## Les seuils critiques

Les seuils de sensibilité au gel des espèces fruitières varient en fonction de leur stade phénologique.

Les valeurs des seuils dans le tableau ci-dessous ne sont qu'indicatives. La sensibilité du végétal dépend également de la rapidité et de la durée du refroidissement. Le seuil critique correspond à l'observation des tous premiers dégâts (références France). Les références concernant le seuil de 10% de dégâts ont été obtenues aux USA dans des conditions où l'air est plus sec. La sensibilité d'un végétal humide sera accrue.

**Attention :** dans le cas d'un gel d'évaporation ou dans le cadre d'une lutte par aspersion sur frondaison, il est indispensable de mesurer la température avec un thermomètre humide, l'écart de température pouvant être de 2°C à 3°C avec un thermomètre classique.

Températures exprimées en °C. Cellules vides : valeurs non disponibles. Sources : Gels de printemps en vergers (Chambre d'Agriculture 30), protection des vergers (Ctif) et document CIRAME.

● Seuil critique  
★ Dégâts 10%

#### STADES PHÉNOLOGIQUES

ESPÈCES FRUITIÈRES		C	D	E	F	G	H	I
			Boutons floraux		Floraison	Chute des pétales	Nouaison	Petits fruits
Abricotier	●	-4°	-3,5°	-3°	-2,2°	-1,2°	-0,5°	-0,5°
	★	-6,2°	-4,9°	-4,3°	-2,9°	-2,7°		
Cerisier	●	-4°	-3,5°	-2,2°	-1,7°	-1,1°	-1,1°	-1°
	★			-2,7°	-2,4°	-2,1°		
Pêcher	●	-4°	-3,3°	-2,8°	-2,2°	-1,8°	-1°	-1°
	★	-6,1°	-3,9°	-3,3°	-2,7°	-2,2°		
Prunier	●	-4°	-3°	-2,8°	-2°	-1,5°	-1°	-0,5°
	★	-6,6°	-3,3°	-2,8°	-2,2°	-2,1°		
Poirier	●	-6°	-4,5°	-2,8°	-2°	-1,6°	-1,5°	-1°
	★	-6,7°	-5°	-3,3°	-2,8°	-2,2°	-2,2°	
Pommier	●	-4°	-3,5°	-2,2°	-2°	-1,8°	-1,6°	-1,6°
	★	-5,5°			-2,2°	-2,2°	-2,2°	-2,2°

# Contre le gel, la lutte passive

Associée à l'expérience de l'arboriculteur, la lutte passive s'appuie sur une série de choix éclairés, du site d'implantation au matériel végétal en passant par les techniques culturales.

## 1. LE CHOIX DU SITE

Il est nécessaire de connaître les conditions météorologiques à l'échelle de la région. Les données collectées par les services météo donnent des indications précieuses sur les risques de gelées dans une zone de production. Au niveau de l'exploitation, l'expérience de l'arboriculteur est primordiale. Ses observations peuvent être enrichies par l'utilisation de thermomètres à minima positionnés à 1,50 m du sol, dans différents vergers, afin de déterminer les secteurs les plus exposés. Ces données enregistrées peuvent être comparées et étalonnées à celles obtenues sur un site météorologique de proximité.

## 2. LE CHOIX DES TECHNIQUES CULTURALES

### Le rôle des haies

Dans des zones à reliefs, il sera utile d'installer des haies à feuillages persistants afin de limiter les flux d'un air froid constitué en amont du verger (ex : présence d'une friche, d'une prairie, d'une parcelle labourée...). On évitera de conserver ces mêmes haies dans le bas d'une parcelle pour favoriser l'écoulement de ce flux d'air froid vers l'ex-

térieur de la parcelle et éviter qu'il s'y accumule. **Rappel:** plus la température de l'air baisse, plus sa densité augmente.

### Le rôle du sol

Le sol restitue de la chaleur par conductivité. Cette restitution sera d'autant plus importante que le sol sera nu, tassé et humide (environ 80 W/m<sup>2</sup>).

Dans le cas de parcelle travaillée ou enherbée, l'air présent à la surface du sol ou dans l'enherbement joue le rôle d'isolant thermique et peut ramener à 20 W/m<sup>2</sup> l'apport énergétique du sol. Il convient donc, en période à risque et en l'absence de lutte active, d'éviter de travailler le sol et de maintenir l'enherbement le plus ras possible.

### Le rôle des filets

Le déploiement précoce des filets para-grêle contribue à limiter la perte énergétique.

### Autres sources de chaleur

La proximité de grandes étendues d'eau, autoroutes, agglomérations (etc.) est bénéfique à la production de chaleur et réduit l'intensité des gelées.

### Le mode de conduite des arbres

On tiendra compte des écarts de températures significatifs en fonction de la hauteur; ceux-ci peuvent être proches de 2°C entre 0,50 m et 2 m du sol. Dans le même temps, on évitera les plantations dans des bas-fonds (*photo ci-dessous*).

## TABLE DE CORRESPONDANCE DES VALEURS ÉNERGÉTIQUES

- ▶ 1 J (joule) = 0,239 cal (calorie)
- ▶ 1 cal = 4,18 J
- ▶ 1 MJ = 1 million de joules = 239 000 cal
- ▶ 1 cal/heure = 0,00116 watt
- ▶ 1 watt = 1 joule/seconde = 860 cal/h
- ▶ 1 watt/m<sup>2</sup> = 860 cal/h/m<sup>2</sup>

## 3. LE CHOIX DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le choix du matériel végétal concerne, principalement, l'espèce et la variété. La précocité du débourrement est en effet un aspect essentiel à prendre en considération lors de l'implantation d'un verger. A la précocité, il est utile d'ajouter la prise en compte des seuils de sensibilité au gel des différentes espèces fruitières (*voir tableau page de gauche*).



L'implantation du verger en bas-fonds est à éviter

© P. DEJON



© STOCK.ADOBE.COM

# Contre le gel, la lutte active

Aspersion d'eau, protection par chauffage ou brassage d'air : fonction des conditions, plusieurs moyens efficaces existent pour lutter activement contre le gel.

## 1. L'ASPERSION

Différents types d'aspersion peuvent être employés. Le choix du système dépendra essentiellement des risques de gelées (intensité, répétition, seuils de sensibilité pour une espèce donnée) et de la **disponibilité en eau**.

### L'aspersion sur frondaison classique

Cette technique permet de maintenir les organes végétaux à 0°C, sous une couche de glace humidifiée en permanence, chaque gramme d'eau qui se congèle libérant 80 calories (334,4 J). Cette méthode est d'autant plus efficace que le vent est faible et l'apport d'eau homogène. Dans des conditions où l'hygrométrie de l'air est inférieure à 100%, l'eau utilisée va en partie se vaporiser pour amener l'air à saturation. Ce phénomène entraîne un prélèvement d'énergie dans l'air et les végétaux de 600 cal (2508 J) par gramme d'eau rendu à l'état gazeux.



Dégel avec formation de gouttes

#### ► Son utilisation nécessite :

- une ressource en eau fiable
- une pression de service de 4 à 4,5 bars
- un débit de 4,5 mm/h (45 m<sup>3</sup>/ha) pour des températures de -5°C à -7°C.
- l'uniformité de l'aspersion, avec maillage de 15 x 15 à 18 x 18, **asperseurs et buses adaptés**.

#### ► Avantages :

C'est la seule technique permettant de lutter contre tout type de gelée.

#### ► Inconvénients :

- la possibilité d'asphyxie en sols lourds pour les fruits à noyau. Exemple : après 2 nuits consécutives de gel de 8 h, l'apport d'eau se situe entre 50 mm et 70 mm.
- les risques de casse de branches et de charpentières sous le poids de la glace.
- les risques sanitaires : bactériose, moniliose des fleurs.

Le démarrage se fera en fonction du seuil de sensibilité (des fleurs ou fruits au printemps) lu sur un thermomètre humide.

Exemple : une température de +2°C lue sur un thermomètre sec peut correspondre à une température de -1°C lue sur un thermomètre humide en présence d'un air sec. Dans ce cas de figure, même si l'air est à 2°C, le végétal subira une température de -1°C lors du déclenchement de l'aspersion à cause de l'évaporation de l'eau au contact du végétal. Cette température remontera à 0°C après saturation de l'hygrométrie de l'air.

L'aspersion peut être stoppée lorsque la température sèche dépasse les +2°C à proximité du verger et/ou quand la glace fond sur le végétal et se détache.

### L'aspersion sur frondaison par micro-aspersion

Une ressource en eau plus limitée (20 m<sup>3</sup> à 30 m<sup>3</sup>/heure/hectare) peut conduire à l'utilisation de cette technique de protection. Le principe d'action est le même que pour une aspersion classique. L'aspersion est concentrée sur la frondaison, avec pour avantage une moindre consommation en eau, mais une efficacité acceptable pour des températures descendant jusqu'à -4°C. Ce type d'installation nécessite une filtration accrue et un déclenchement anticipé afin d'éviter la formation de glace dans les tubings ou au niveau des asperseurs. Une purge de l'installation est nécessaire après toute utilisation.



Aspersion sous frondaison

© J. NOUGARET

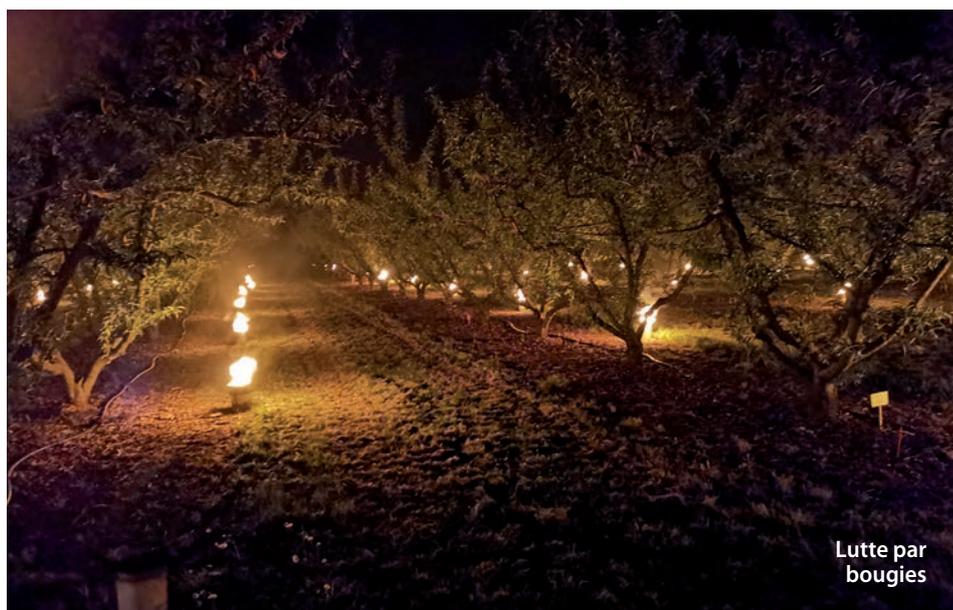
## L'aspersion sous frondaison

Cette méthode permet aussi de réduire les volumes d'eau apportés avec un gain de température réduit. De 10 m<sup>3</sup> à 20 m<sup>3</sup> sont nécessaires pour un gain de 1 à 1,5°C dans le cas d'un gel de rayonnement. Ce gain est plus aléatoire et plus faible en présence d'un gel d'advection. L'eau apportée au sol se transforme en glace et on obtient une libération de 80 cal/g d'eau (334,4 J/g) dans l'air ambiant. Il est nécessaire d'avoir un « entre rang » enherbé et non tondu pour faciliter la prise en glace. L'aspersion sous frondaison peut être adoptée dans des secteurs où les risques de gel sont faibles. Son efficacité peut être intéressante sur les premiers mètres de hauteur (1,5 m à 2 m).

**ATTENTION** Cette méthode ne doit pas être confondue avec l'humidification d'un sol nu (ou enherbement ras). Dans ce cas c'est une meilleure conductivité qui permet une libération d'énergie contenue dans le sol (gain de 0,5°C à 1°C).

### BON À SAVOIR

Dans le cadre d'une lutte par aspersion sur frondaison et en présence d'une hygrométrie inférieure à 100%, l'eau va dans un premier temps augmenter l'humidité de l'air jusqu'à saturation, avec une perte d'énergie défavorable aux végétaux. Cette perte est d'autant plus importante que l'air est sec. Ce phénomène implique le déclenchement de la lutte par anticipation par rapport aux températures relevées sur un thermomètre classique. L'utilisation d'un psychromètre ou pagoscope dont la lecture associe la température et l'hygrométrie de l'air est indispensable à la bonne gestion de la lutte.



Lutte par bougies

© P. BLANC

## 2. LA PROTECTION PAR CHAUFFAGE

Son principe est le réchauffement de l'air au niveau des végétaux. Une partie de l'énergie est émise par radiation à la verticale de la source de chaleur et protège la végétation à proximité. Une bonne répartition des foyers est importante. Le nombre de foyers sera renforcé sur les bordures, du côté du vent dominant et/ou face aux flux d'air froid, en tenant compte de la topographie des lieux. La lutte sera déclenchée en fonction de la température relevée sur un thermomètre classique (température sèche), sauf en présence d'une gelée d'évaporation.

**Allumage:** anticiper le temps d'allumage selon la vitesse de baisse de température. En général, on déclenche l'allumage à 1°C au-dessus du seuil critique du stade phénologique indiqué sur le tableau page 4. L'arrêt se fera lorsque la température deviendra positive à l'extérieur du verger.

### Les bougies de paraffine

Elles se présentent sous forme de pots métalliques de 6 litres renfermant près de 4,5 kg à 5 kg de paraffine. Ces bougies ont une durée de combustion de 11 à 12 heures environ. Les rendements sont de l'ordre de 40 MJ/Kg. Dans la pratique, 400 à 500 bougies/ha doivent être mises en place dans le verger. L'allumage de 90 à 100 bougies/ha permet de remonter la température d'approximativement 1°C.

Pour l'allumage, il est possible d'utiliser :

- un jerrycan allumeur de bougies contenant le mélange suivant : 60 % fioul, 30 % essence et 10 % huile moteur.
- un allumeur portatif à gaz propane.

Au cours d'épisodes gélifs de faible durée, les pots peuvent être refermés et réutilisés par la suite. Pour une bonne gestion de la

lutte, il est indispensable d'avoir un volant supplémentaire de bougies stockées. L'arrêt de cette méthode, au demeurant efficace, se heurte :

- au coût des bougies : 8 à 11 € pièce
- au coût de la manutention (mise en place/allumage/arrêt...).

Il existe des bougies à base de stéarine (graisse végétale et/ou animale) d'une durée efficace de 8 heures avec une moindre émission de fumée.

### Les chaufferettes

Elles sont garnies de briquettes constituées de tourbe (TB67) ou de bois compressé. Conseillées à 150 unités/ha, les chaufferettes peuvent contenir 15 kg de briquettes de tourbe (2250 kg/ha). Leur pouvoir calorifique est de 17 MJ/kg, contre 40MJ/kg pour les bougies – ce qui équivaut à environ 200 bougies de paraffine/ha dans les conditions d'utilisation dictées par le fabricant. Aucune information pour le bois compressé n'a pu être acquise.

### Le chauffage mobile

Le Frostbuster est un appareil tracté ou porté, générateur de chaleur, mis au point par Lazo. Alimenté au propane pour une consommation de 30 à 50 kg/heure, il ventile horizontalement la chaleur produite. La température est de 80 à 100°C à la sortie de l'appareil. Le gain obtenu est de 1 à 1,5°C. L'utilisation pour un verger d'environ 5 ha semble raisonnable. La cadence de passage est de 10 minutes. Son coût est de l'ordre de 25 000 € HT.

► **Avantage :** le séchage des fruits humides avant l'épisode de gel.

► **Inconvénients :**

- une utilisation dangereuse (combustion d'un gros volume de gaz, conduite de nuit)
- ce procédé doit être couplé à d'autres systèmes de lutte.



Allumeur portatif au gaz

© M. GUIRAUD

### 3. LA LUTTE PAR BRASSAGE D'AIR

Le principe consiste à réchauffer l'air froid situé au niveau du verger en le mélangeant à celui plus chaud présent au niveau du plafond d'inversion (situé entre 10 et 14 m de hauteur). Ce type de protection convient contre un gel de rayonnement et non contre un gel d'advection. Pour obtenir ce brassage, la tour à vent est le matériel le plus utilisé.

#### La tour à vent

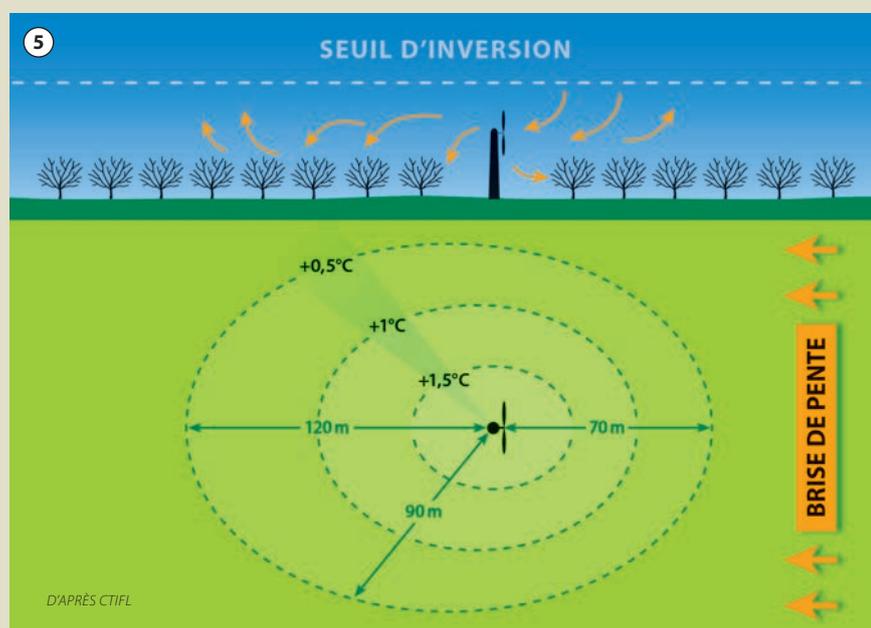
La tour sera positionnée au tiers de la longueur de la parcelle, du côté de la brise de pente ou vent dominant (*flux d'air froid - voir figure 5*). La surface protégée par cette installation est de l'ordre de 3,5 hectares. Le gain obtenu est généralement égal à la moitié de la différence entre la température au sol et celle sous ce seuil d'inversion ; soit 0,5°C à 2°C en fonction de la température dans la couche d'inversion et de la distance par rapport à la tour à vent.

Un thermomètre sec et un autre humide sont positionnés au niveau du verger ; un troisième au niveau de l'hélice sert à vérifier que l'air est plus chaud en hauteur. La mise en route de la tour se fera par lecture sur le thermomètre humide. (*Exemple*: verger d'abricotier au stade floraison. Seuil de sensibilité -2,1°C. Thermomètre sec +0,3°C et thermomètre humide -2°C = déclenchement). En effet, la mise en route peut provoquer un assèchement supplémentaire à la surface des organes, notamment des fruits, et ainsi favoriser un gel par évaporation (*Figure 5*). Au cours de la nuit l'air se refroidit ; le brassage d'air permet de maintenir un écart de température avec les zones non protégées.



Tour à vent

© P. BLANC



#### En situation extrême

Il peut être nécessaire d'associer à la tour un chauffage ou une aspersion sous frondaison.

► **Chauffage**: quelques 200 bougies pourront être positionnées au-delà d'un rayon de 50 m à partir du pied de la tour, en prenant soin de renforcer les bordures. L'allumage se fera uniquement si la tour à vent ne maintient pas les fleurs ou les fruits au-dessus du seuil de sensibilité.

**ATTENTION** Le positionnement de foyers ou d'une chaudière au pied de la tour à vent ne permet pas une bonne distribution de l'air devenu trop léger qui n'offre pas une résistance suffisante à l'hélice (effet de cheminée).

► **Aspersion sous frondaison** : cette technique détaillée plus haut permet d'augmenter la chaleur sous le plafond d'inversion renvoyée dans le verger par la tour à vent.

# Déclenchement de la lutte : les méthodes

Les prévisions météorologiques, les mesures réalisées avec un psychromètre ou l'utilisation d'une station d'alarme permettent de bien se préparer à déclencher la lutte contre le gel.

Avoir une bonne connaissance des seuils de sensibilité des végétaux, en fonction des stades végétatifs, est primordial. Comme observé au cours des épisodes gélifs du mois d'avril 2021, les dégâts ont été importants sur plusieurs espèces à différents stades. Les variétés à débourrement tardif, encore situées aux stades D-E, ont été moins pénalisées par le gel.

## Les prévisions météorologiques

Au niveau de la région, consulter les prévisions d'un service météorologique. Celles-ci sont généralement données pour 3 jours et permettent de se maintenir en état de vigilance, avec la mise en état de fonctionnement du ou des matériels de lutte.

## Les mesures du risque sur le verger

En période à risque, des mesures sont à réaliser sur l'exploitation et dans des parcelles de références connues pour leur niveau d'exposition au gel. Selon le principe du pagoscope (Bernel-Bourette), les mesures enregistrées sur un psychromètre au coucher du soleil sont des indicateurs du risque de gelée la nuit suivante.

Le psychromètre est composé de deux thermomètres : l'un à bulbe sec, l'autre à bulbe hu-

mide (enveloppé dans un manchon maintenu mouillé). Plus l'air est sec, plus l'eau présente sur ce manchon s'évapore en consommant de l'énergie. Cette consommation se traduit par la différence de température notée grâce aux deux thermomètres. Le risque de gel lu sur l'abaque du pagoscope (voir figure 6) met en relation ces températures avec le point de rosée (voir encart ci-contre).

## Les outils d'aide à la décision

La possession d'une alarme permet de rationaliser l'intervention. Le réglage du seuil se fera en fonction du temps nécessaire à la mise en route du ou des moyens de lutte envisagés. Plusieurs sociétés d'agro-météorologie proposent des équipements à positionner dans les parcelles. Ces stations sont paramétrables et consultables par Internet et téléphone. Quelques exemples déployés dans la région : Comsag, Agriscope, Réseau SAM, Weenat, Sencrop...

## La mise en route de la lutte

Un psychromètre sera obligatoirement utilisé dans le cadre d'une lutte par aspersion, de l'utilisation d'une tour à vent ou encore face à une gelée d'évaporation (végétal humide avant la nuit). En effet, si l'air est sec, le thermomètre humide pourra indiquer



© PICTURE.COM

### LE POINT DE ROSÉE

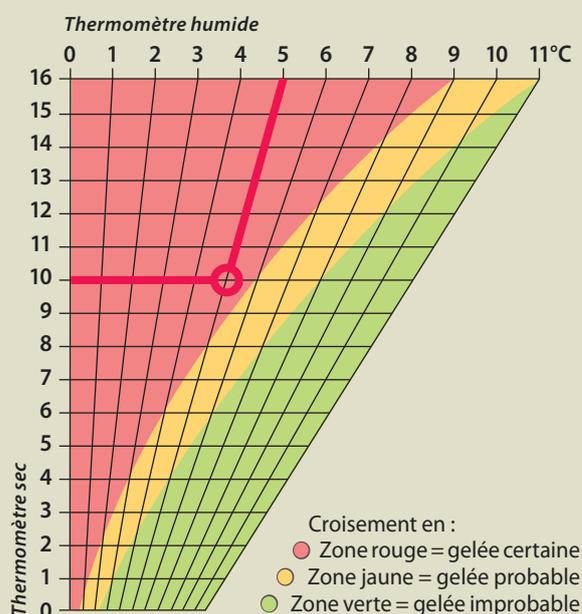
C'est la température à partir de laquelle une particule d'air refroidie à pression constante atteint la saturation en eau, qui condense. Plus le point de rosée est bas, plus l'air est sec et plus le risque de gel existe.

jusqu'à  $-2^{\circ}\text{C}$  à  $-3^{\circ}\text{C}$  par rapport au thermomètre sec. C'est cette valeur basse qui sera le facteur de déclenchement en fonction du seuil de sensibilité du stade végétatif. Dans le cas d'une lutte par chauffage (en dehors d'un gel d'évaporation) la valeur donnée par un thermomètre sec (classique) sera utilisée.

### ► Utilisation du thermomètre humide :

- dans tous les cas, sauf si vous utilisez des bougies ou chaufferettes.
- systématiquement si le végétal est humide à la tombée de la nuit.

## 6 ABAQUE DU PAGOSCOPE



D'APRÈS AGRO RESSOURCES



Verger protégé par aspersion sur frondaison

© STOCK.ADOBE.COM

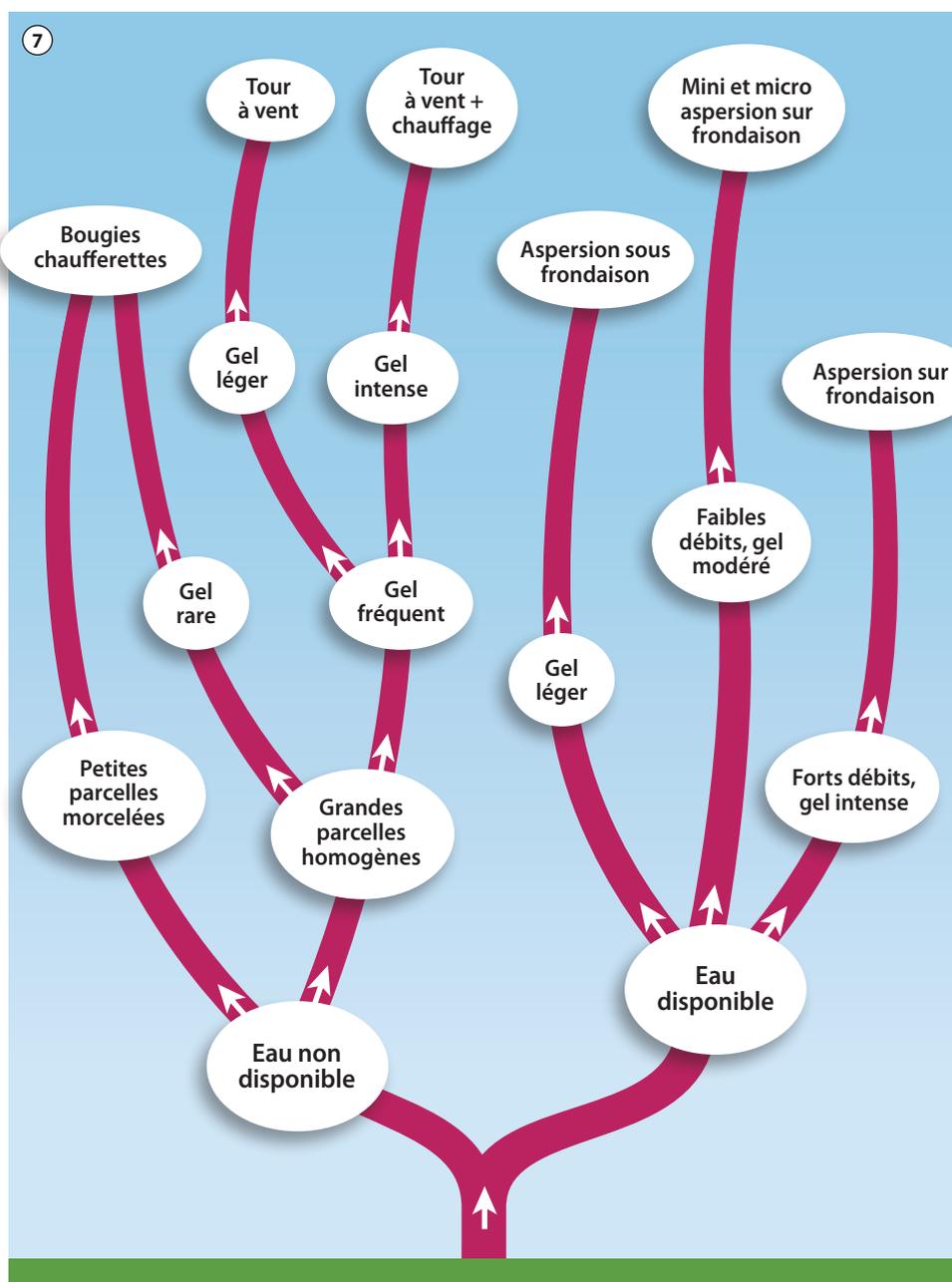
# Quels moyens pour quelle lutte ?

La disponibilité en eau, la configuration du verger, la fréquence et l'intensité des gelées sont autant de critères à considérer afin d'adopter une technique de lutte appropriée.

En l'absence de ressource en eau, deux méthodes sont utilisables : le réchauffement direct ou le brassage de l'air. Si une ressource en eau est disponible (réseau d'irrigation, forage...), la lutte antigel peut s'ar-

ticuler en fonction des débits disponibles. L'arbre présenté ci-dessous et le tableau comparatif (*ci-contre*) pourront aider l'arboriculteur à orienter sa stratégie et définir ses moyens de lutte.

## SYSTÈME ANTIGEL : L'ARBRE DE CHOIX



## TABLEAU COMPARATIF DES TECHNIQUES

### TECHNIQUES

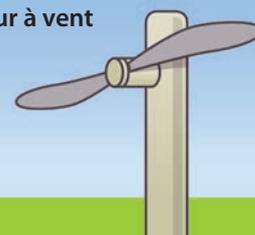
Bougies de paraffine



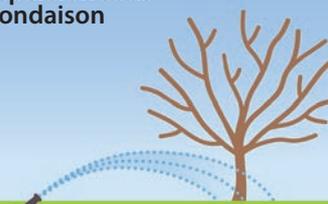
Chaufferettes à briquettes (tourbe, bois compressé...)



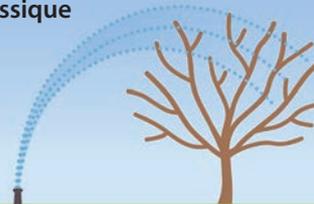
Tour à vent



Aspersion sous frondaison



Aspersion sur frondaison classique



Aspersion sur frondaison par micro-aspersion



## CONCLUSION

# Protéger afin de pérenniser l'outil de production

En fonction des situations décrites, différents moyens de lutte peuvent être utilisés seuls ou associés.

Les caractéristiques des exploitations – parcelles groupées ou morcelées, valeur de l'atelier à protéger, capacité d'investissement – sont des éléments essentiels dans le choix de la ou des méthodes de protection à mettre en œuvre.

Les dégâts observés en 2021 doivent inciter à une vigilance accrue et à une protection de la production dans les années futures. S'il n'est pas toujours envisageable de couvrir l'ensemble des vergers sujets à des risques vis-à-vis des gelées printanières, la protection des vergers les plus rentables apparaît comme une nécessité afin de pérenniser l'outil de production des entreprises.



© PVIHRE.COM

## TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LES DIFFÉRENTS TYPES DE GEL

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	COMMENTAIRES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisable en toutes situations</li> <li>• Autonomie 12 h</li> <li>• Réutilisable après 2 à 6 h d'emploi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût</li> <li>• Manutention</li> <li>• Prise de décision</li> <li>• Temps de réaction</li> <li>• Stock nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 250 à 500 bougies nécessaires selon l'intensité du gel.</li> <li>▶ <b>Communément 400 bougies pour un coût de 3500 €/ha pour 12 h de gel. Ajouter la manutention et l'allumage 100 €/ha.</b></li> <li>▶ Souvent le seul moyen de lutte en vergers isolés et hors irrigation.</li> <li>▶ Sur grande surface, nécessité d'avoir du personnel à disposition. ½ heure / ha pour allumer 500 bougies.</li> </ul>
Rechargeable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus cher en investissement que les bougies</li> <li>• Manutention</li> <li>• Vol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 150 chaufferettes et 2,5 tonnes de briquettes de tourbe (15 kg / chaufferette) / ha.</li> <li>▶ Pouvoir calorifique au kg inférieur de 50% par rapport aux bougies.</li> <li>▶ <b>Coût 6600 €/ha de matériel + 742 €/ha de combustible en condition d'utilisation prescrite par le fabricant.</b></li> <li>▶ A expérimenter avec 250/300 chaufferettes au vu du pouvoir calorifique annoncé.</li> <li>▶ Autre option : 150 à 300 chaufferettes / ha avec bois compressé ou granulés, conseillées par d'autres distributeurs. Aucune donnée calorifique.</li> </ul>
Efficace pour 3,5 ha à 4 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion du déclenchement</li> <li>• Investissement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>Investissement d'environ 46000 €/4 ha, soit 11500 €/ha, hors maçonnerie et moyen de levage.</b></li> <li>▶ Efficacité renforcée par chauffage ou aspersion sous frondaison.</li> <li>▶ Inefficace sur gel d'advection (gelée noire).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'installation spécifique</li> <li>• Peu de main-d'œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion du déclenchement</li> <li>• Obligation d'une couverture intégrale / irrigation</li> <li>• Forte pluviométrie 2 à 2,5 mm/heure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>Investissement matériels d'irrigation = 1850 €/ha.</b></li> <li>▶ Nécessité de dimensionner l'installation hydraulique.</li> <li>▶ Intéressante en secteur peu gélif ou sur variétés à débourrement tardif.</li> <li>▶ La présence d'un couvert végétal dense augmente son efficacité.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très bonne efficacité sur tout type de gel</li> <li>• Utilisable pour l'irrigation</li> <li>• Peu de main-d'œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Précision dans le déclenchement</li> <li>• Risque de prise en glace du matériel</li> <li>• Manutention</li> <li>• Risques : maladies / asphyxie / casse</li> <li>• Très forte pluviométrie 4 à 4,5 mm/heure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>Investissement matériels d'irrigation = 1850 €/ha.</b></li> <li>▶ <b>Installation spécifique à 1200 €/ha.</b></li> </ul>
Utilisable pour l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très grande précision dans la mise en route</li> <li>• Risque de prise en glace du matériel</li> <li>• Manutention + purge</li> <li>• Forte pluviométrie 2 à 2,5 mm/heure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>Installation mixte = 2900 €/ha.</b></li> <li>▶ Densité importante de mini-aspersion à installer annuellement sur la frondaison et à repositionner au sol avant le démarrage des irrigations.</li> </ul>

# Sud<sup>®</sup> Arbo

## ÉDITION 2022

**COORDINATION**  
**Pascal Delon**

### **Chambre d'agriculture du Gard**

Mas de l'Agriculture  
Zone d'activité "Mas des Abeilles"  
BP 80054 - 30023 NÎMES CEDEX 1  
Tél. : 04 66 04 50 60

### **Comité de rédaction**

Philippe Blanc, Ceta du Vidourle •  
Myriam Codini, Chambre d'agriculture  
des Pyrénées-Orientales • Catherine  
Delobel et Georges Fandos, Cofruid'Oc •  
Audrey Dussaud, Chambre d'agriculture  
du Gard • Cyril Sévely, Chambre  
d'agriculture de l'Hérault

### **Documentation**

ACMG, ARDEPI, BRL, CIRAME, CTIFL

PARTENAIRES FINANCIERS :



Projet cofinancé par le Fonds européen agricole pour le développement. L'Europe investit dans les zones rurales.

