



▲ Pommiers de Versailles-Grignon
en fructification (© INRAE - Anne-Hélène CAIN)

En arboriculture fruitière, le gel peut impacter la production et laisser des séquelles sur les arbres. Face à des gelées tardives, les arbres fruitiers présentent des stades phénologiques avancés et sensibles aux basses températures. Il est nécessaire de savoir identifier les différents types de gel et les moyens de lutte accessibles aux producteurs de pommes et poires en Bretagne.

1) LES DIFFÉRENTS TYPES DE GEL

Choisir le moyen de lutte le plus approprié, passe nécessairement par une étape préliminaire d'identification du type de gel auquel on fait face.

Gel de rayonnement (ou de radiation) : Il s'agit du gel le plus fréquent. Les conditions favorables à ce type de gel sont : un ciel dégagé, une absence de vent, une température à la surface du sol de 0°C, une faible hygrométrie, une inversion de température en altitude. Le gel de rayonnement intervient lorsque, la nuit, les rayons du soleil cessent de réchauffer le sol. Le rayonnement thermique émis par le sol froid, en l'absence de nuages, n'est pas intercepté, refroidissant ainsi la zone superficielle du sol et les plantes qui s'y trouvent. Il n'est pas rare de constater des chutes de températures de 2 à 4°C/heure. La présence de brouillard peut être bénéfique s'il apparaît avant la chute des températures car le rayonnement émis par le sol est intercepté et restitué.

Gel d'advection : phénomène plus rare. Il s'agit d'une masse d'air froide de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur accompagnée d'un fort vent venant des pôles. Les conditions favorables sont un ciel dégagé, un vent fort (> 15 km/h), une température identique sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

Gel d'évaporation : Ce phénomène fait référence à l'évaporation de l'eau au matin, qui s'est déposée pendant la nuit et qui crée une masse d'air froid localement. La température de la plante elle-même baisse rapidement lorsque l'eau s'évapore à l'aube. Les conditions favorables sont un ciel dégagé en soirée après une journée pluvieuse. L'air froid gèle l'eau présente sur les végétaux et n'ayant pas pu être séchée par le rayonnement du soleil. Ce cas peut être provoqué par une aspersion déclenchée trop tardivement ou arrêtée trop précocement. Cette gelée peut être néfaste dans la phase d'ouverture des bourgeons au printemps.

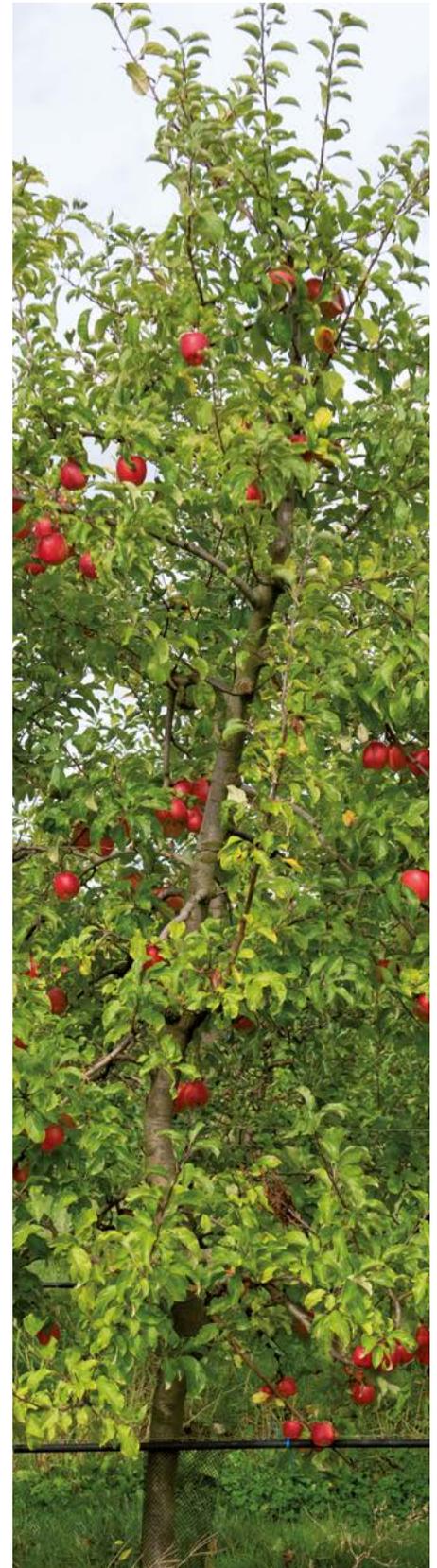
De manière générale, il est plus difficile de faire face à un gel d'advection car il y a peu de moyens de lutte actifs face à de très grandes étendues d'air froid. Les solutions suivantes préciseront le type de gel contre lequel elles sont adaptées.

Gelée noire : gel de rayonnement présentant un faible taux d'humidité (**point de rosée < - 2.2 °C**) – à cause de l'air sec, l'eau ne peut pas condenser sur la plante, le froid peut alors entrer dans les tissus de la plante et les détruire. Le constat se fait lorsque la plante ternit.

Gelée blanche : gel de rayonnement présentant un fort taux d'humidité (**point de rosée > - 2.2 °C**) – grâce à l'eau présente dans l'air, le froid impacte moins les tissus des végétaux, l'eau va donc cristalliser autour de la plante. Cela forme un givre qui donne le nom à la gelée blanche. Ce type de gelée ne serait pas dommageable en agriculture car il protégerait les tissus internes de la plante (c'est aussi le principe de la lutte anti-gel par aspersion).

ARBORICULTURE

LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LE GEL EN VERGER DE POMMES À COUTEAUX



▲ Verger de pommiers - Angers
(© INRAE - Christophe MAITRE)

2) CONSÉQUENCES DU GEL EN VERGER DE POMMES/ POIRES

Pour les fruits à pépins, le froid est nécessaire car il permet la levée de dormance. En revanche, si de faibles températures interviennent au mauvais moment cela peut entraîner des conséquences préjudiciables pour le bon développement des fruits.

• LES CONSÉQUENCES DU GEL SONT VARIÉES :

- ▶ Perte de rendement par la chute et la nécrose des bourgeons, pistils et bourgeons abîmés
- ▶ Anomalies florales
- ▶ Désynchronisation de la pollinisation car les fruitiers et les arbres pollinisateurs ne fleurissent plus en même temps
- ▶ Modification architecturale de l'arbre
- ▶ Déformation du fruit, diminution de sa taille et modification de sa texture, anneau de gel sur l'épiderme, sensibilité des arbres et des fruits aux pathogènes

En hiver, ces phénomènes de gelée n'ont pas ou peu d'impact sur les plantes en dormance. Ce sont les températures froides printanières les plus néfastes, lors de stades végétatifs sensibles (tel que le débourrement). Par exemple, pour une fleur de pommier ayant une durée de vie de 1h à une température inférieure à 1°C, la lutte contre le gel en verger est nécessaire.

3) SENSIBILITÉ DES VARIÉTÉS ET DES DIFFÉRENTS STADES PHÉNOLOGIQUES AVEC SEUIL DE GELÉE

Plus le stade phénologique est avancé, plus les organes et les végétaux sont sensibles. Les données suivantes sont en °C.

Source : Chambre d'agriculture du Gard, 2009		STADE C	STADE D	STADE E	STADE F	STADE G	STADE H	STADE I
BBCH		53-54	55-56	57-59	60-65	67	69	71
POMMIER	seuil critique	-4	-3.5	-2.2	-2	-1.8	-1.6	-1.6
	10% de dégâts	-5.5			-2.2	-2.2	-2.2	-2.2
POIRIER	seuil critique	-6	-4.5	-2.8	-2	-1.6	-1.5	-1
	10% de dégâts	-6.7	-5	-3.3	-2.8	-2.2	-2.2	

4) COMMENT SUIVRE LE GEL

Les outils à préconiser pour anticiper et se préparer

Il est essentiel d'avoir un minimum d'outils de mesure qui permettent de choisir le moment de déclenchement de la lutte anti-gel.

- **thermomètres** (dans verger, pas sous abri), un placé à hauteur de la récolte à environ 1,5 m du sol, plus un au sol
- **station météo**, connectée par exemple, sur la ferme ou suivi stations météo satellite pour anticiper les jours à venir
- **psychromètre**, mesure l'humidité relative de l'air environnant – appareil composé de 2 thermomètres (l'un humide, l'autre sec), à positionner à 1,5 m du sol
- **se programmer des alertes en amont d'événement météo à risque** pour avoir le temps de réagir. Plusieurs outils existent et les seuils de température pour le déclenchement vont dépendre des outils de lutte.

5) LES MOYENS DE LUTTE PASSIFS

Il s'agit des moyens de lutte qui reposent sur la prévention et la prophylaxie.

- ▶ **Lieu et orientation de l'implantation du verger** : il est primordial de connaître le contexte météorologique du verger en observant et en relevant les températures sur plusieurs années à environ 1,5 m du sol, hauteur moyenne à laquelle se récoltent les pommes. L'historique de la parcelle est à prendre en compte tout en actualisant les observations qui changent vite. Privilégier l'implantation Nord-Sud pour un ensoleillement homogène. Attention aux vergers qui se trouvent dans des cuvettes, à l'abri du vent et de toute circulation d'air. En effet, la circulation et le renouvellement de l'air aident à limiter les conditions gélives.
- ▶ **Haies** : elles assurent un rôle de brise vent et sont particulièrement utiles sur les hauteurs. En revanche, dans les zones de cuvette, les haies peuvent favoriser l'accumulation d'air froid. De manière générale, la haie doit être « ajourée » pour permettre le passage de l'air.

▶ **Matériel végétal** : l'espèce et la variété sont à prendre en compte afin de favoriser les débournements tardifs au regard des gelées de plus en plus tardives. Le choix des produits sera à affiner avec l'étude de marché, la technicité du producteur et l'environnement (sol, climat, environnement) favorable.

▶ **Etat nutritif du verger** : de manière générale, un verger dans un bon état sanitaire et nutritionnel, implanté dans un sol vivant sera plus résilient face à des vagues de gel.

▶ **Gestion de l'enherbement** : le sol restitue de la chaleur et de l'humidité et cette restitution est d'autant plus importante que le sol est nu, tassé et travaillé. Un couvert végétal, par son épaisseur et son entretien, va limiter la perte de chaleur par le sol. Plus l'herbe sera épaisse et dense et moins il y aura d'échanges de températures entre le sol et l'air. Cependant, si le couvert végétal est trop épais, le sol ne pourra pas se réchauffer en journée et contribuera à l'apparition de gelée la nuit. Un équilibre est à trouver : on préconise de tondre ras en période de gelée et de ne pas travailler le sol pour ne pas dégager d'humidité.

Avec l'arrivée de plus en plus tardive des gelées, une diversification des vergers en intégrant des variétés tardives qui fleurissent plus tard permet de répartir le risque de perte.

6) LES MOYENS DE LUTTE ACTIFS



• ASPERSION SUR ET SOUS FRONDAISON

Il s'agit d'une des techniques les plus sûres au niveau résultat pour lutter contre le gel de rayonnement ou d'advection bien que cela demande de rassembler un certain nombre de conditions. L'intérêt de ce moyen de lutte est de créer un environnement qui se maintient à 0°C autour des parties végétatives (les bourgeons entre autres) évitant les chutes de températures fatales. Le principe de cette technique repose sur le dégagement de chaleur lors du passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide. Ce phénomène empêche l'air présent entre le bourgeon et la glace de descendre en dessous de -1°C.

L'aspersion se présente sous forme de microjet. Le choix de ce système se fera sur une assurance de disposer d'eau en quantité abondante pour assurer la continuité de l'aspersion sur une durée de plusieurs jours si nécessaire. Le système sera arrêté lorsque la glace fond. La lente fonte permet une remontée ralentie de température et évite les brûlures des parties végétatives. Le démarrage du système dépendra du point de rosée et de la température extérieure.

LES 👍	LES 👎
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Efficace SI eau abondante pour avoir pression suffisante dans le système, importante capacité de pompage (et pression de 4 - 4.5 bars dans les tuyaux) ▶ Protège toutes les parties de l'arbre ▶ Protège quelle que soit le type de gelée ▶ Automatisable avec entretien 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Demande d'importantes consommations d'eau dans des années de sécheresse – l'aspersion sur frondaison consomme un peu moins d'eau ▶ Si le débit est trop faible, l'eau peut geler dans les goutteurs (compter 4 mm/h pour des températures autour de -5°C) - un débit nécessaire de 30-50 m³/heure/ha ▶ Peut provoquer la chute des fruits car il s'agit d'un apport d'eau très important à un moment où l'arbre n'en a pas besoin ▶ Procédé cher à mettre en place ▶ Risque de bactériose si apport de trop d'eau en hiver et si gel sur arbre mouillé ▶ Risque d'asphyxie des sols ▶ Risque de casse des branches sous le poids de la glace ▶ Entretien des tuyaux nécessaires pour éviter leur obturation

Cout d'investissement : 8 000 à 14 000 €/ha à la mise en place
350 €/ha/an de frais de fonctionnement

• BRASSAGE DE L'AIR

Le principe repose sur un moyen mécanique de brassage de l'air en mélangeant les courants d'airs chauds et d'airs froids par l'emploi d'une tour à vent ou tour antigel. Il s'agit d'une sorte d'éolienne de 10 – 13 m de haut activée par un moteur. Ce système convient contre un gel de rayonnement. Un psychromètre sera utilisé pour déterminer l'hygrométrie et choisir le seuil de déclenchement.

LES 👍	LES 👎
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Solution non envahissante (pas d'effet sur l'environnement et la santé du verger) ▶ Solution adaptée à un accès limité à l'eau ▶ Protège jusqu'à - 4 °C, la mise en route peut se faire autour de - 0.5 à -1 °C ▶ Peu de main d'œuvre requise, automatisation possible ▶ Gain de température de 1 à 2 °C environ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Peut être bruyant ▶ Non efficace en cas de gel d'advection ▶ Non efficace si vent > 8 km/h ▶ Un assèchement des parties végétales peut-être provoqué et favoriser un gel par évaporation

Cout d'investissement : 30 000 - 50 000 € (pour une tour, hors maçonnerie et moyen de levage) – qui couvre 3,5 à 4 ha environ + **250 €/ha/an de frais de fonctionnement.**

7) MOYENS DE LUTTE PAR CHAUFFAGE

Ce sont des moyens assez efficaces dont le principe est de réchauffer l'air localement par convection au niveau des végétaux. Il est nécessaire de renforcer les moyens de chauffage sur les bords et dans les zones exposées aux vents dominants.

• BOUGIES

Le principe est de réchauffer l'air localement à l'aide de bougies à base de graisse animale et végétale. Ce moyen de chauffage peut-être une solution d'appoint en zone difficile d'accès et face aux deux premiers types de gel (rayonnement et advection).

LES 👍	LES 👎
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Facile à manipuler ▶ Gain thermique de +2°C ▶ Convient aux petites surfaces ▶ Fonctionne bien en procédé d'appoint ▶ Réutilisable après 2 à 5 h d'emploi 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Attention aux chutes de températures localisées dues au déplacement des particules d'air. ▶ Moins efficace sur des fortes gelées de - 6°C à - 9°C ▶ Forte demande de main d'œuvre - veille, rallumage ▶ Besoin de stock



▲ **Eoliennes antigel, 10 m de hauteur, lutte contre le gel de 0°C à -2°C par brassage de l'air** (© INRAE - Jean-Marie BOSSENNEC)

Cout d'investissement : environ **10 à 15 €/pot de 8 litres** – équivalent à 8 h de couverture – **500 bougies/ha** pour lutter contre - 7°C avec un rendement de **25 MJ/h** + temps de manutention (estimé à **80 €/ha**)

• FROSTGUARD A GAZ OU DIESEL

Il s'agit d'un outil mécanisé et mobile qui permet de réchauffer l'air localement 10-20 m autour du Frostguard.

LES 	LES 
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fonctionne sur tous types de gel ▶ Permet d'augmenter la température ambiante du verger de 2 à 7°C ▶ Pour petites surfaces (2-3 ha) ▶ Peut être automatisé 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Polluant (fonctionne au gaz ou diesel) ▶ Cher à l'investissement

Cout d'investissement : 7 000€HT /ha
coût de fonctionnement (300€/ha/an)

• FROSTBUSTER

Il s'agit d'un appareil tracté qui génère de la chaleur et la ventile horizontalement. L'air réchauffé sort de l'appareil à 80 - 100°C pour obtenir un gain de 1 à 2°C sur l'environnement proche. Sur un verger de 5 ha, repasser au même endroit toutes les 10 minutes à une vitesse de 4-8km/ha permet une certaine efficacité.

LES 	LES 
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fonctionne sur tous types de gel ▶ Permet d'augmenter la température ambiante du verger de 1°C ▶ Adapté pour grandes surfaces (5-8 ha) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Polluant (fonctionne au gaz) ▶ Cher à l'investissement ▶ Forte manutention

Cout d'investissement : 18 500 € HT
coût de fonctionnement (~300€/ha/an)

• FUMEE - BROUILLARD

Le principe est de créer un voile de fumée pour faire obstacle aux rayonnements du sol et ainsi limiter la chute de température ou à l'inverse, éviter les brûlures liées à l'effet loupe qui réchaufferait trop rapidement les parties végétatives. Ce brouillard peut être obtenu par combustion (de paille, bois, etc.) en milieu ou en bord de parcelle. La combustion vise à créer des micro-gouttelettes de particules à partir de glycérine notamment. En revanche, nous manquons à ce jour de données scientifiques pour confirmer l'efficacité de ce système. Le voile de fumée n'aurait pas un rôle significatif sur la perte de chaleur par radiation car les particules formant le brouillard seraient trop petites. Seule la chaleur générée peut avoir un effet très local. Si ce système présente des avantages en termes de simplicité de mise en œuvre et de coût, les contraintes sont nombreuses : pollution de l'air, gêne pour les riverains, efficacité modérée selon vent, main d'œuvre requise.

Les solutions connues à ce jour sont consommatrices de ressources (eau, énergies fossiles notamment, ...). Le choix des méthodes de lutte doit donc prendre ce aspect en compte. Il s'agit d'un axe de travail prioritaire pour la recherche et les fournisseurs de matériel.

CONCLUSION

Les périodes de gel font partie des événements difficilement prévisibles. Plusieurs moyens existent pour les anticiper et protéger les cultures. La connaissance du territoire et le choix du lieu d'implantation sont les premiers moyens d'anticipation de ces phénomènes. En parallèle, il est important de maîtriser les informations et prédictions météorologiques, de savoir les interpréter et les extrapoler. La combinaison des moyens de lutte actifs et passifs est recommandée pour assurer une protection optimale à dimensionner en fonction des températures attendues, de la taille du verger et des capacités d'investissement. Contre le gel, gardons à l'esprit l'importance de se tenir prêts (au niveau technique, matériel, veille des données météo et gestion de sa fatigue) car la lutte contre le gel aura un impact sur l'état du verger et la production de l'année en cours mais aussi de l'année suivante.

EN SAVOIR +

▶ **Video « Quelles stratégies mettre en œuvre pour gérer le risque des aléas climatiques ? » - CTIFL, 2021 - <https://youtu.be/29ZpzVnib2M>**

▶ **« Les moyens de lutte contre le gel » - BIVB, 2018 <https://tinyurl.com/29c69b4v>**

▶ **« Gel et grêle en viticulture et arboriculture » - ACTA, 2020 - <https://tinyurl.com/yc4377wn>**

▶ **« Méthodes de protection des cultures contre le gel » Andrew Bootsma : Agriculture Canada, D. Murray Brown : Université de Guelph, 1996 <https://tinyurl.com/52ezx6>**

▶ **« Gels de printemps en vergers » Pascal Delon, Chambre d'agriculture du Gard, 2009 <https://tinyurl.com/3dw435jz>**



Pour en savoir plus sur l'Agriculture Bio

→ **Contactez le Groupeement d'Agriculteurs Biologiques de votre département**

▶ CÔTES D'ARMOR

GAB 22 • 02 96 74 75 65

▶ FINISTÈRE

GAB 29 • 02 98 25 80 33

▶ ILLE ET VILAINE

Agrobio 35 • 02 99 77 09 46

▶ MORBIHAN

GAB 56 • 02 97 66 32 62

Illes soutiennent la bio en Bretagne :



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural»

