



WEENAT

La **gestion** du
RISQUE GEL
en *agriculture*



Sommaire

Préface	3
Le gel, comment ça marche ?	7
Le gel par rayonnement	8
Le gel par advection	11
Le gel par évaporation	13
L'impact du gel sur vos cultures	14
Gelée noire ou gelée blanche ?	14
Prévoir le risque de gel	16
Qu'est-ce qu'un modèle météo ?	16
Pourquoi les prévisions classiques ne suffisent pas ?	17
Mesurer le gel sur vos parcelles	20
La température sèche	21
La température humide	22
Température humide calculée vs température humide mesurée	23
Les autres paramètres agro-météo à prendre en compte	25
Suivre le gel avec Weenat	27
Conclusion	30

Préface

Le gel de printemps, c'est la **bête noire** des agriculteurs. Des températures qui descendent plus bas que prévu, et c'est la catastrophe.

- ✓ *Des hectares de récolte détruits en l'espace de quelques heures...*
- ✓ *Des dizaines de milliers d'euros de pertes économiques...*
- ✓ *Et des assureurs qui rechignent souvent à payer.*

L'épisode de gel d'avril 2021 a particulièrement marqué les esprits. Du 6 au 8 avril, **une vague de froid exceptionnelle** a provoqué d'importants dégâts dans 10 régions en France.

Viticulture, arboriculture, maraîchage, betterave, colza, pommes de terre... Toutes les filières ont été touchées. A tel point que le ministre de l'Agriculture, Julien Denormandie, a parlé de **« la plus grande catastrophe agronomique du siècle »**.

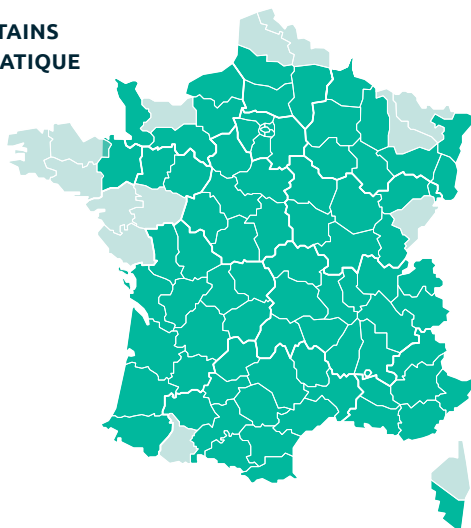
**81 DES 96 DÉPARTEMENTS MÉTROPOLITAINS
RECONNUS EN EXCEPTIONNALITÉ CLIMATIQUE
ENTRE LE 4 ET LE 8 AVRIL 2021
SUITE AUX VAGUES DE GEL**



Gel exceptionnel à
l'échelle du département



Absence de gel
exceptionnel à l'échelle
du département



Source : Ministère de l'Agriculture

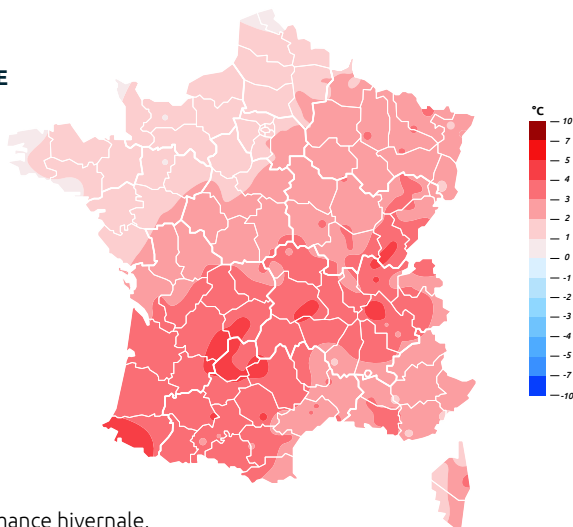
Les faits sont là : depuis quelques années, le gel fait plus de dégâts. Pourtant, les épisodes de gel ne sont pas plus **fréquents** qu'auparavant. Ils sont, en revanche, nettement plus **destructeurs**.

En cause : le **dérèglement climatique**, avec des mois de février et mars plus **doux**, ce qui impacte les dates des **stades phénologiques**. En vigne, par exemple, le stade mi-débourrement a avancé de plus de **7 jours** au cours des 30 dernières années. Il se situe à présent autour du 12 avril en moyenne.

**ÉCART À LA NORMALE
1981-2010 DE LA TEMPÉRATURE
MOYENNE (°C)
FÉVRIER 2021**



Source
Météo France



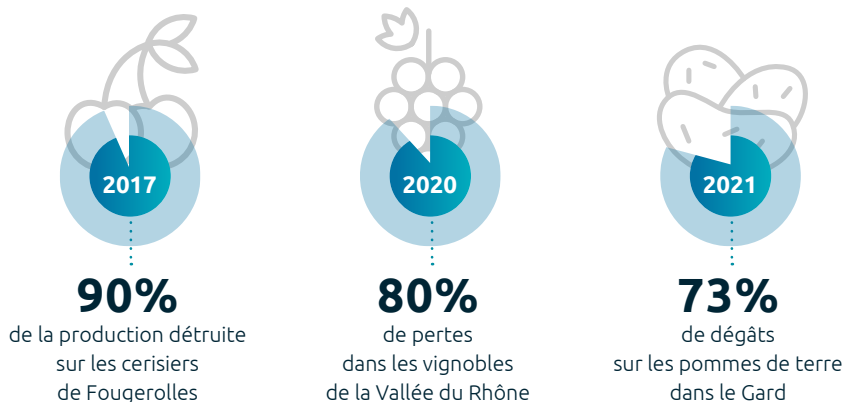
Or les plantes, au sortir de leur dormance hivernale, sont beaucoup **plus vulnérables face au gel de printemps**.



En période hivernale, les cellules du végétal contiennent peu d'eau, et sont donc capables de résister à des températures négatives. En revanche, au sortir de leur dormance hivernale, les cellules se gorgent d'eau, se multiplient et l'ensemble des cellules végétales deviennent sensibles au risque de gel.

Guillaume Delanoue —

Ingénieur viticulture à l'Institut Français
de la Vigne et du vin

■ RÉSULTAT, LES ANNÉES SE SUIVENT ET FINISSENT PAR SE RESSEMBLER

Pour faire face à ces épisodes météorologiques extrêmes, les agriculteurs sont de plus en plus nombreux à s'équiper de **moyens de lutte contre le gel**.

Tours à vent, bougies de paraffine, aspersion... Les solutions ne manquent pas. Mais toute la problématique est de savoir OÙ et QUAND les déclencher pour une **protection optimale** des cultures.

Lorsqu'ils sont activés...

× trop tôt

Alors qu'il ne gèle pas encore, les moyens de lutte entraînent un surcoût économique et environnemental, qui vient rogner les marges déjà réduites de l'agriculteur.

Car oui, allumer une tour à vent ou des centaines de chaufferettes au fuel a un coût. En matériel, et en main d'œuvre.

× trop tard

Alors qu'il gèle sur les parcelles, le mal est déjà fait. Et des pertes agronomiques sont à prévoir.



Une différence de 1 ou 2 degrés peut parfois sauver une récolte ou la détruire. Cela laisse peu de place pour l'improvisation. Alors pour lutter efficacement contre le gel, il n'y a pas 36 solutions.

Il faut...

- 1. Connaître les différents types de gel*
- 2. Savoir comment prévoir le gel avec précision*
- 3. Et mesurer le gel pour optimiser votre stratégie de lutte*

À propos des auteurs

Depuis 2014, Weenat, spécialiste des solutions de météo connectée et d'agronomie de précision, aide les agriculteurs à prendre les bonnes décisions pour leurs cultures. La rédaction de ce livre blanc a été réalisée par nos équipes d'ingénieurs agronomes et de spécialistes en météorologie.

Merci à la Fédération Nationale des Producteurs de Fruits (FNPF) et à l'Institut Français de la Vigne et du vin (IFV) pour leur participation, ainsi qu'aux agriculteurs qui ont accepté de partager leur expérience sur le terrain.



Les auteurs :



Pierre GIQUEL
Agronome chez Weenat



Sylvain COLY
Data Scientist chez Weenat



Emmanuel BUISSON
Directeur R&I chez Weenat



Le gel, comment ça marche ?

Pour combattre le gel, il faut d'abord le comprendre. On vous a déjà expliqué 10 fois comment ça fonctionne mais ce n'est toujours pas clair pour vous ? Pas de problème, on va changer tout ça.

Il existe 3 principaux types de gel :

- **LE GEL PAR RAYONNEMENT**
- **LE GEL PAR ADVECTION**
- **ET LE GEL PAR ÉVAPORATION**

Chacun apparaît sous des conditions météorologiques différentes. Et leurs effets sur vos cultures ne sont pas les mêmes.

Au cours d'une même nuit, il n'est pas rare que plusieurs types de gel interviennent simultanément. Mais l'un sera toujours prédominant.

- **Comment se forment ces gels ?**
- **Lequel devez-vous craindre ?**
- **Est-il possible d'adapter votre stratégie de protection selon le type de gel observé ?**

On vous dit tout !



Le gel par rayonnement

■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Il s'agit du type de gel le plus fréquent. Pendant la journée, les rayons du soleil chauffent le sol, et ce dernier retient une partie de la chaleur.

Puis, une fois la nuit tombée, le sol libère l'énergie accumulée sous la forme de rayonnement infrarouge. On parle de **Rayonnement Thermique** (RT).

Le Rayonnement Thermique est ensuite en partie réfléchi vers le sol au contact de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. C'est ce qu'on appelle le **Rayonnement Atmosphérique** (RA). Plus il y a de vapeur d'eau (brouillard, nuages bas...), plus le Rayonnement Atmosphérique sera élevé, et moins la perte d'énergie sera importante.

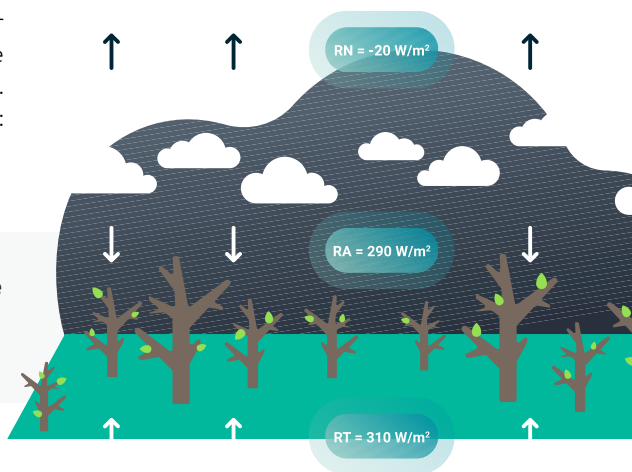


Bon à savoir : Le Rayonnement Atmosphérique et le Rayonnement Thermique permettent de calculer le Rayonnement Net (RN), c'est à dire la vitesse à laquelle le sol perd de l'énergie et se refroidit :

Rayonnement Net (RN) = Rayonnement Atmosphérique (RA) - Rayonnement Thermique (RT)

Par temps couvert, l'énergie fournie par la surface du sol est restituée par le rayonnement atmosphérique, ce qui limite la baisse des températures. La perte d'énergie reste limitée : -20 W/m^2 dans cet exemple.

Ciel nuageux > Refroidissement limité



RA : Rayonnement Atmosphérique
RT : Rayonnement Thermique
RN : Rayonnement Net

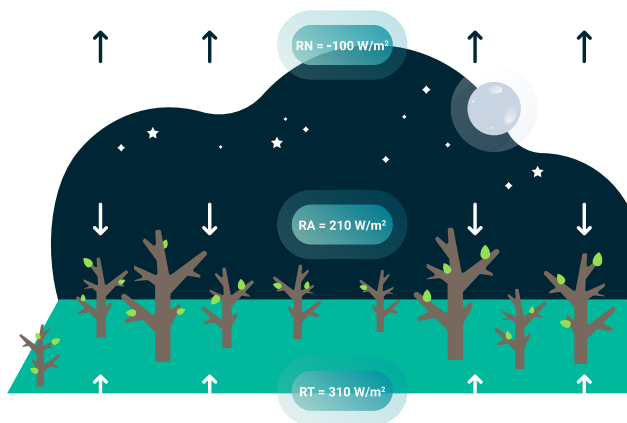
Ciel dégagé > Refroidissement important

En revanche, lorsque le ciel est dégagé, les rayons infrarouges ne se heurtent à presque aucun obstacle et s'échappent dans l'atmosphère.

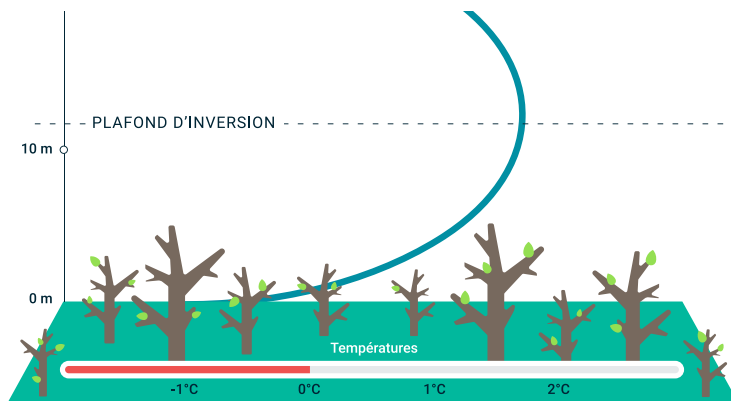
Résultat :

Le rayonnement terrestre n'est pas compensé par le rayonnement atmosphérique.

Et la perte d'énergie est importante : -100 W/m^2 .



Dans ce cas de figure, le sol se refroidit plus rapidement que l'air ambiant. On assiste alors à une **inversion des températures**. L'air froid, plus dense, stagne au niveau du sol. La température augmente ensuite jusqu'à une dizaine de mètres de hauteur. Puis, au-delà du plafond d'inversion, elle recommence à décroître avec l'altitude (en moyenne $0,6^\circ\text{C}/100 \text{ m}$).

Inversion des températures du sol et de l'air

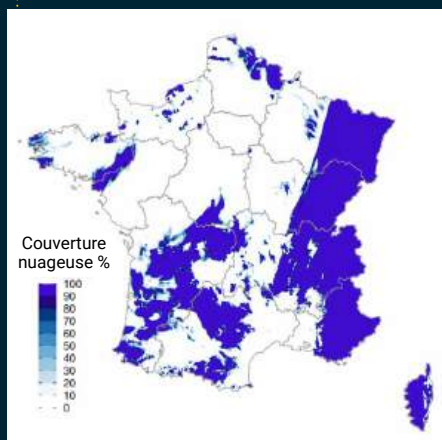
Bon à savoir : En cas de gel par rayonnement, la température varie très rapidement en fonction de la hauteur à laquelle elle est mesurée. C'est pourquoi, il est important de mesurer la température **au plus près des bourgeons**, et non à 1 mètre de hauteur, comme le font les stations météo classiques. Il n'est pas rare d'observer du gel au niveau du sol alors que la station météo, placée plus haut, indique 4°C .



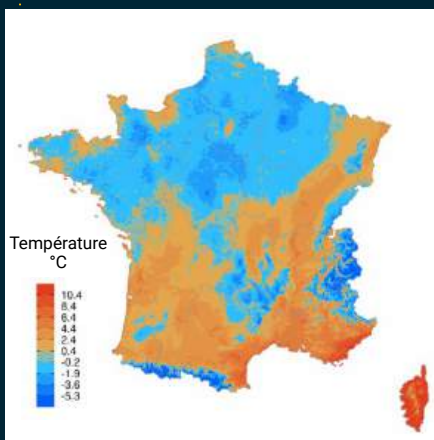
Cas pratique :

La nuit du 11 au 12 avril 2021

- 1 La **couverture nuageuse** était **faible** dans la partie nord de la France. Un scénario propice à l'apparition du gel par rayonnement :



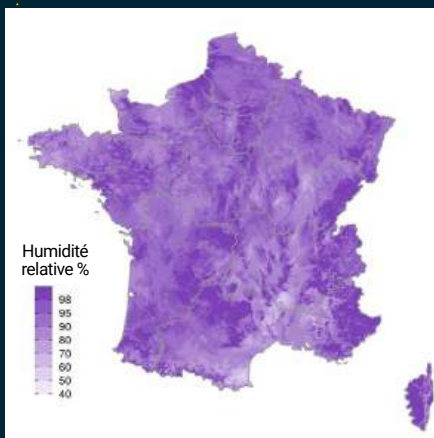
- 2 Or c'est justement dans cette région que l'on observe les températures les plus faibles :



- 3 Pour ne rien arranger, les **vents faibles** (3 km/h en moyenne) n'ont pas permis de brasser les couches d'air chaud et froid :



- 4 Et la **forte hygrométrie**, conjuguée aux températures basses, a favorisé l'apparition d'une **couche de givre sur les cultures** (on parle alors de gelée blanche) :



Le gel par advection



■ COMMENT ÇA MARCHE ?

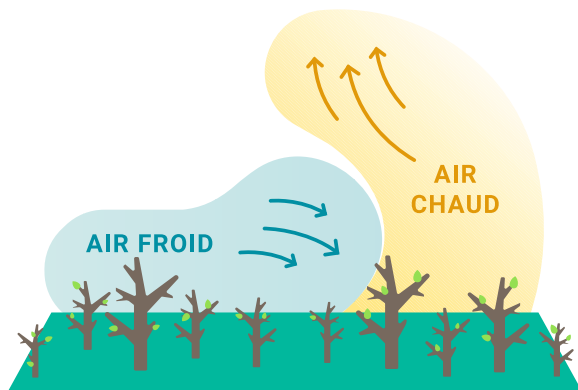
Ce type de gel survient surtout en hiver. Il est plus rare au printemps, bien que des épisodes aient pu être observés en 2017, 2021 et 2022. Il est provoqué par le **déplacement de masses d'air froid** à travers le globe.

Une masse d'air, c'est un **volume d'air avec une température et une hygrométrie uniformes** sur le plan horizontal. En général, les masses d'air peuvent s'étendre sur plusieurs centaines voire milliers de kilomètres.

Une masse d'air se forme lorsque l'air stagne, en l'absence de vents forts, suffisamment longtemps au-dessus d'une surface homogène. Lorsqu'il passe au-dessus d'une surface, l'air lui **emprunte en effet certaines caractéristiques**.

Par exemple, si une masse d'air passe au-dessus de la mer, l'évaporation va rendre l'air plus chargé en humidité. De même, si une masse d'air passe au-dessus d'une surface froide, comme les zones polaires, l'air va se refroidir.

Lorsqu'elle arrive dans une région où l'air est plus chaud, la masse d'air froid, plus lourde, va se glisser sous l'air chaud, ce qui provoque une **chute rapide des températures**. Au contraire, l'air chaud, plus léger, **s'élève dans l'atmosphère**. On assiste donc - là encore - à une inversion des températures.



Phénomènes de masses d'air lors du gel par advection

Cas pratique :

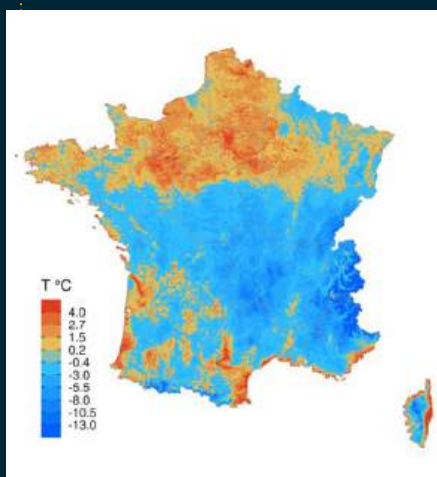
La nuit du 7 au 8 avril 2021

- 1 Une **masse d'air polaire** en provenance du Groenland est descendue vers la France et l'Europe :



- 2 L'air froid a chassé l'air chaud, provoquant une **chute des températures** à l'échelle nationale.

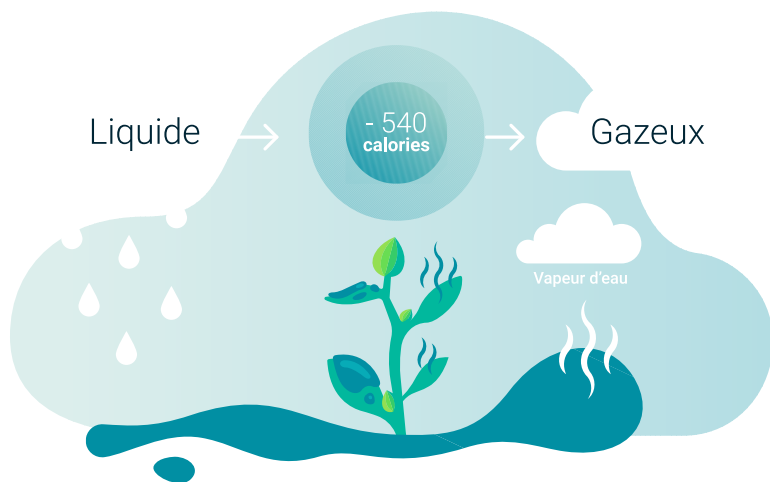
On parle donc bien d'un gel advection :



Le gel par évaporation

■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Lorsque l'hygrométrie est **inférieure à 100%**, l'humidité présente sur la végétation ou au niveau du sol (pluie non ressuyée ou dépôt de rosée) **s'évapore** en quantités infimes. Or, pour passer de l'état liquide à l'état gazeux, l'eau utilise l'**énergie** présente dans l'air, ce qui provoque un **refroidissement** de celui-ci. On parle alors de **gel par évaporation**.





L'impact du gel sur vos cultures



Voilà pour la partie météorologique. Mais cela ne vous explique pas ce qu'il arrive à vos cultures. Il est donc temps de parler de l'impact agronomique du gel.

Gelée noire ou gelée blanche ?

Les fameuses **gelées blanches** ou **gelées noires** observées dans vos parcelles ne dépendent pas du type de gel, mais de l'**hygrométrie**.

L'air ne peut absorber qu'une **quantité limitée** de vapeur d'eau. Et cette quantité dépend de la pression et de la **température**.

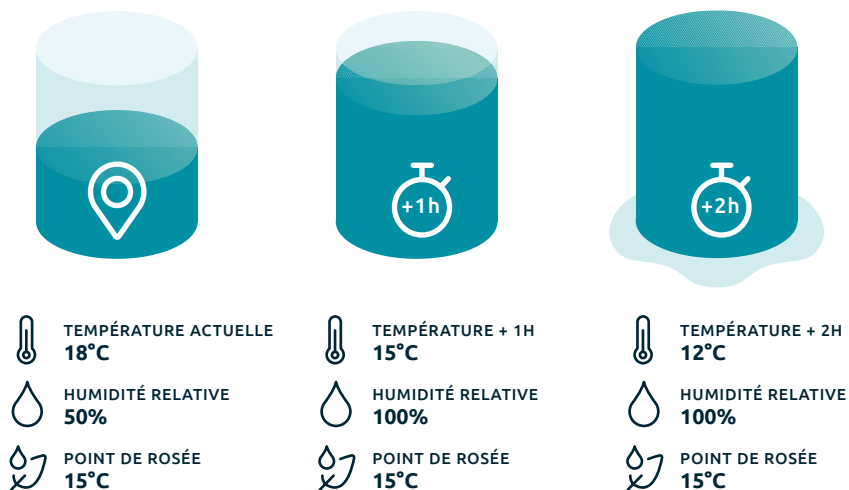
Par exemple : s'il fait 30 °C, l'air peut contenir jusqu'à 30,4 grammes de vapeur d'eau par m³. Mais si, à pression égale, la température est de 3 °C, l'air ne peut absorber que 6 grammes par m³.



Résultat ?

Lorsque la température descend sous un certain seuil, appelé **point de rosée**, la vapeur d'eau que contient l'air se **condense** et de la rosée se forme sur les végétaux.

Fonctionnement du point de rosée



Si les températures sont négatives, la rosée se solidifie pour former une fine pellicule de givre. On parle alors de **gelée blanche**. Ce type de gelée apparaît le plus souvent dans le cas d'un gel par rayonnement.

En revanche, en cas de faible hygrométrie, aucun givre ne se forme. On parle alors de gelée noire. Ce type de gelée apparaît le plus souvent dans le cas d'un gel advectif ou d'un gel par évaporation.





Prévoir le risque de gel

Il est possible de prévoir le risque de gel. Mais c'est loin d'être facile. Pour comprendre, il faut d'abord s'intéresser au fonctionnement d'une prévision météo classique. Ces prévisions sont produites à l'aide de modèles météo.

Qu'est-ce qu'un **modèle météo** ?

Les mouvements de l'atmosphère sont régis par un ensemble de lois physiques, qui ont été découvertes il y a près de 200 ans. Et les météorologues ont formalisé ces lois sous la forme d'**équations mathématiques** pour créer des modèles météo.

Ces modèles sont capables, à partir des paramètres mesurés par les satellites, les radars et les stations météo, de réaliser plusieurs milliards d'opérations par seconde pour **simuler les évolutions de l'atmosphère** au cours des prochains jours.

Plusieurs pays ont créé leur propre modèle météo, afin de mieux prendre en compte les spécificités du climat sur leur territoire. C'est notamment le cas de la France, qui possède deux modèles nationaux : AROME et ARPEGE, tous deux opérés par Météo France.





Pourquoi les **prévisions classiques** ne suffisent pas ?

Mais malgré la qualité des modèles, les prévisions météo sont loin d'être infaillibles. Comme la fois où vous avez sauté sur votre tracteur parce que les prévisions annonçaient un grand soleil... Et qu'une fois sur place, vous avez pris l'eau.

C'est particulièrement vrai pour le gel. Emmanuel Buisson, docteur en physique de l'atmosphère et directeur Recherche & Innovation chez Weenat, a comparé les prévisions des modèles à J+2 avec les données RÉELLEMENT observées sur le terrain.

Résultat ?

Il a constaté que **les prévisions se trompent de 2°C en moyenne**. Plus grave encore : dans un quart des cas, les erreurs sont supérieures à 3°C.



Pour une zone donnée, on constate en moyenne que 50% des situations de gel ne sont pas prévues par les modèles météo classiques, et que 25% des alertes de gel sont de fausses alertes.

Emmanuel Buisson —

Docteur en physique de l'atmosphère et directeur
Recherche & Innovation chez Weenat



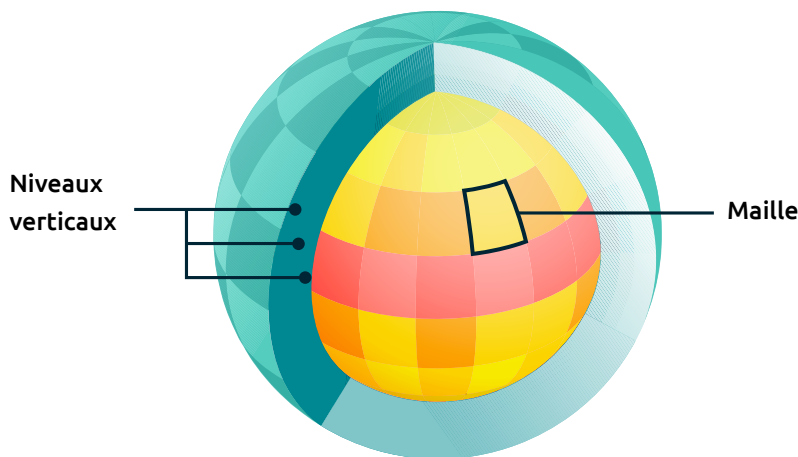
La raison ?

C'est que pour **résoudre** les équations mathématiques, l'ordinateur a besoin de connaître la **situation actuelle**. Or, pour que son calcul soit **exact**, il faudrait lui fournir la température, la pression, l'humidité et plusieurs autres paramètres atmosphériques À TOUS LES POINTS DU GLOBE et à TOUTES LES ALTITUDES, ce qui est **impossible**.

D'abord, parce que les météorologues n'ont pas toutes ces informations. Mais aussi (et surtout) parce que calculer l'état de l'atmosphère pour **chacun** de ces points demanderait **une puissance de calcul phénoménale**.

Pour simplifier le calcul, l'ordinateur crée donc une **grille météo**. Autrement dit, il découpe le monde en carrés. En météo, ces carrés sont appelés des mailles. Et la taille de ces mailles varie selon les modèles. Les mailles du modèle AROME, par exemple, mesurent **1,3 kilomètre**. La résolution spatiale du modèle ARPEGE, quant à elle, est de **7,5 kilomètres**.

Grille météo mondiale



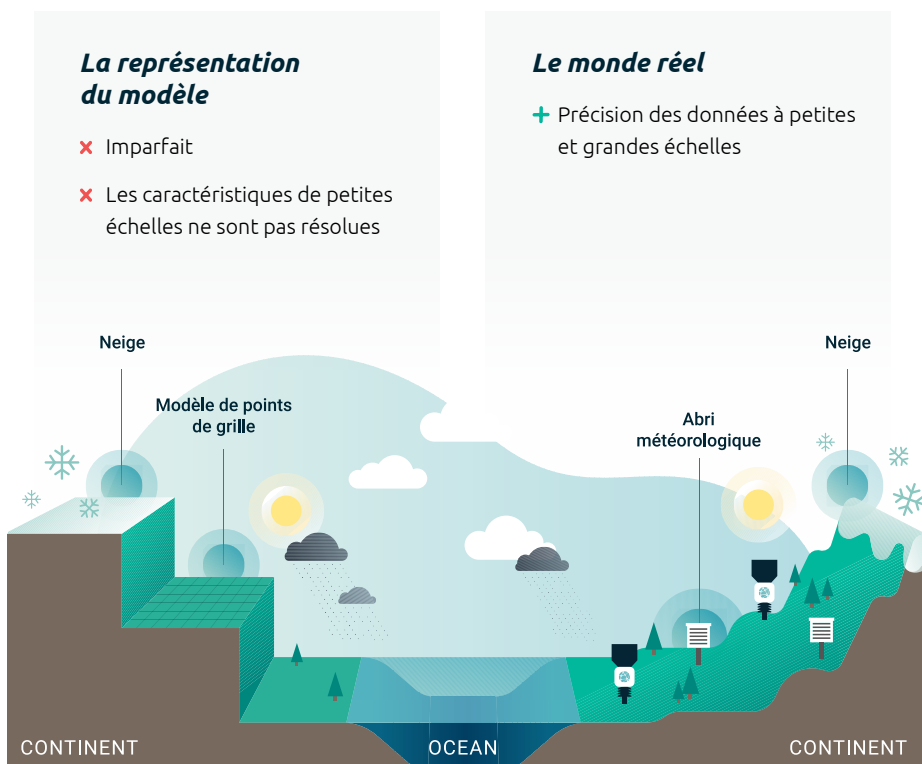
Pour chacune de ces mailles, l'ordinateur calcule ensuite, à partir des informations dont il dispose, la **moyenne** des paramètres atmosphériques (température, pluie, hygrométrie...) à J+1. Plus les mailles de la grille sont larges, plus le calcul sera rapide, et moins les résultats seront précis.



À la fin du calcul, l'ordinateur génère une **carte de l'atmosphère à J+1**. Cette carte est assez précise. Mais comme elle se base sur des moyennes, elle n'est pas le reflet parfait de la réalité. Or le gel est un **épisode météo extrême**, souvent **très localisé**.

Résultat ?

Le modèle peut calculer une température moyenne de 2 °C dans une maille, alors qu'en réalité, il va geler sur certaines parcelles à l'intérieur de la maille.





Mesurer le gel sur vos parcelles



Difficile à prévoir, le gel est également complexe à mesurer, car il s'agit d'un **événement météorologique multifactoriel**. Température, hygrométrie, vent, nébulosité... Plusieurs paramètres sont susceptibles de provoquer un épisode de gel sur vos parcelles.

- Quels sont ces paramètres ?
- Comment les mesurer avec précision ?
- Et comment interpréter ces données pour optimiser votre stratégie de lutte contre le gel ?

On fait le point !



La température **sèche**

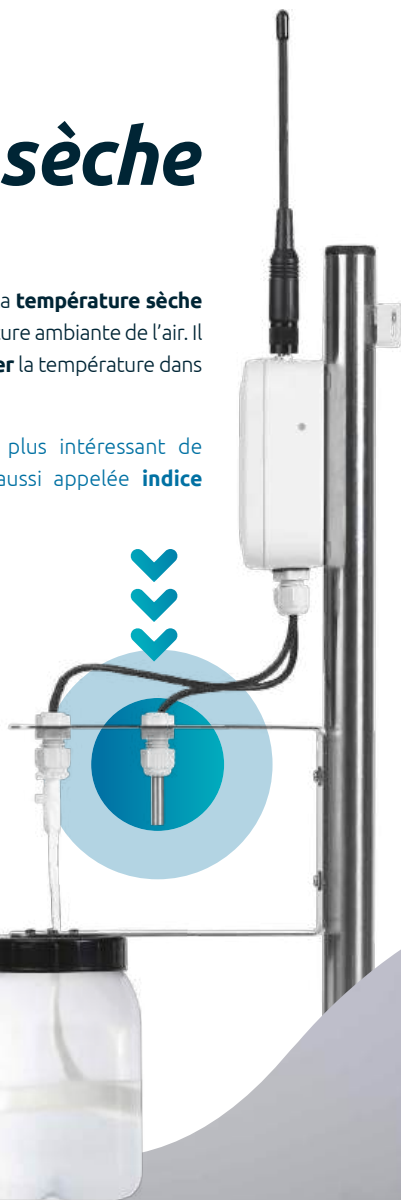
Le plus souvent, les stations météo classiques mesurent la **température sèche sous abri**. Ce paramètre permet de connaître la température ambiante de l'air. Il s'agit d'un standard international, qui permet de **comparer** la température dans les différentes zones du globe.



Toutefois, dans le cas du gel, il est bien plus intéressant de suivre la **température sèche sans abri** (aussi appelée **indice actinothermique**).

Comme ça, le thermomètre est **exposé au vent** (refroidissement éolien) **et au rayonnement**, tout comme vos bourgeons. La température sèche sans abri est donc plus proche de celle **réellement ressentie** par la plante.

Et ça fait toute la différence : pour une même parcelle, on observe un **écart moyen de 2 °C** entre la température sèche sous abri et la température sèche sans abri.



La température *humide*

Lorsque l'hygrométrie est inférieure à 100%, l'eau présente dans le sol et sur les plantes s'évapore. Ce processus consomme l'énergie dans l'air, ce qui provoque un refroidissement de celui-ci et induit un risque de **gel par évaporation**.



Pour suivre ce type de gel, il faut connaître la **température humide**. On la mesure à l'aide d'un thermomètre dont la sonde est recouverte d'un tissu imbibé d'eau en permanence.

Lorsque l'hygrométrie est faible, l'eau contenue dans le tissu s'évapore, et la sonde mesure le refroidissement de l'air que provoque l'évaporation.

Comment lire la température humide ?

- ✓ La température humide est toujours **inférieure ou égale** à la température sèche.



- ✓ Pour une hygrométrie de 100%, la température humide est égale à la température sèche.

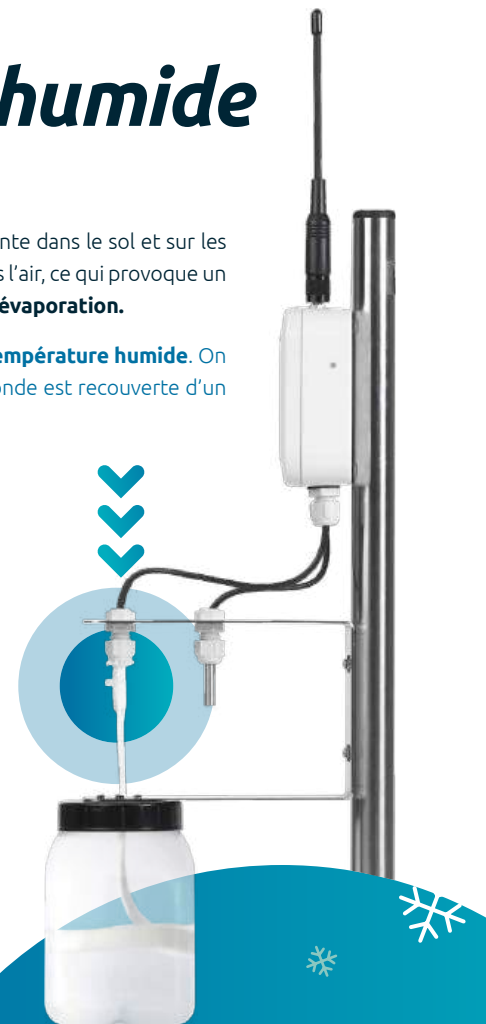


- ✓ Mais plus l'hygrométrie est faible, plus la température humide sera inférieure à la température sèche.



Résultat

Plus l'écart entre la température sèche et la température humide est important, plus l'air est sec, et plus le risque de gel par évaporation est élevé s'il y a de l'eau dans vos parcelles.



Grâce au capteur, j'accède à une information de température humide directement depuis l'application Weenat, et ça c'est un paramètre essentiel pour mesurer le risque sur la vigne. Ça nous permet de piloter à quel moment nous allons allumer nos outils et à quel moment j'appelle mon équipe.

Marie-Françoise Ratron-Galet —
Viticultrice dans le Saumurois

Température humide **calculée** vs Température humide **mesurée**

Il existe une formule mathématique permettant de calculer la température humide à partir de la température sèche et de l'humidité de l'air :

$$T_w = - \frac{L}{C_p} \left(\epsilon \frac{P_A}{P} e^{\frac{-T_B}{T_w}} - \omega \right)$$

où :

ω = Taux d'humidité (wetness) :
Rapport de mélange
(g de valeur d'eau /
kg d'air sec)

p = Pression en Pa

AVEC LES CONSTANTES :

L = L'énergie pour évaporer l'eau,
faiblement dépendante de la température
mais environ 2 500 J/g)

C_p = Chaleur spécifique à pression
constante de l'air (1005 J·kg⁻¹·K⁻¹)

P_A = 2,53 x 10⁸ kPa

T_B = 5,42 x 10³ K

ϵ = ratio des masses molaires de l'eau et de l'air
(0,622 sans dimension)

Toutefois, la méthode est difficile à utiliser. Et ce, pour plusieurs raisons.

Le premier obstacle, c'est que le calcul utilise plusieurs paramètres nécessitant des appareils de mesures rigoureux et précis, notamment en ce qui concerne l'humidité : si elle est surestimée, **on risque de ne pas détecter le gel.**

Donc l'équation est souvent calculée à partir de températures et d'humidités mesurées sous abri et loin des bourgeons. Ce qui ne permet pas de prendre en compte l'impact du vent et du rayonnement sur la température réellement ressentie par le bourgeon.

La formule peut toutefois être simplifiée, comme suit :

$$T_w = 0,2831h_r^{0,2735}T_s + 0,0003018h_r^2 + 0,01289h_r - 4,0962$$

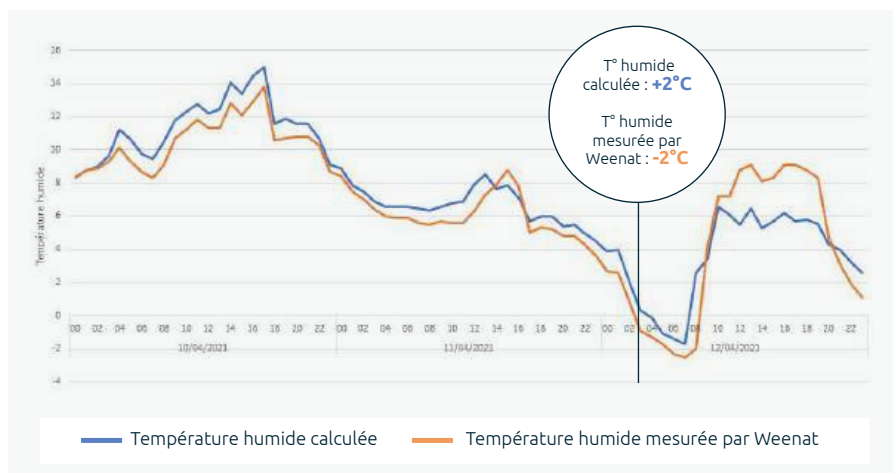
C'est d'ailleurs sur ce type de formule que s'appuient certains capteurs pour calculer la température humide à partir de la température sèche. Mais le principal problème, c'est que **ces calculs sont précis uniquement entre 15 °C et 35°C**. Au-delà, le risque d'erreur augmente rapidement. Ce qui s'avère plutôt problématique dans le cas du gel, puisque ce sont justement les températures proches de 0 °C qui nous intéressent.

■ EXPÉRIENCE À L'APPUI

Pour mieux comprendre les conséquences d'un calcul approximatif de la température humide, nos ingénieurs agronomes ont réalisé une expérience simple.

Ils ont comparé les températures humides mesurées par le capteur gel Weenat en situation réelle (en orange sur le graphique ci-dessous) et les températures humides calculées à partir de la formule simplifiée couramment utilisée (en bleu).

Ils ont ainsi pu constater que la **température humide calculée était presque systématiquement surestimée quand les températures approchent de 0 °C** :



Le 12 avril 2021 à 3h, il a par exemple gelé, avec des températures qui sont descendues à -2°C. Mais la température calculée affichait +2°C. L'histoire s'est répétée quelques jours plus tard le 14 avril.

Pour nous, pas de casse. Ce n'était qu'une expérience. Mais pour vos vignes ou vos arbres fruitiers, cet écart entre température humide calculée et mesurée pourrait bien **faire toute la différence**.

Les **autres paramètres** agro-météo à prendre en compte

En plus de la température, le risque de dégât de gel dans vos cultures dépend de plusieurs paramètres.

■ STADE PHÉNOLOGIQUE

Lorsque les températures deviennent plus douces, les cultures sortent de leur dormance hivernale et produisent leurs premiers bourgeons.

Ces jeunes organes sont très sensibles au gel. Le seuil critique en-deçà duquel le gel risque de faire des dégâts varie donc en fonction de la culture et de son stade.

Voici un tableau récapitulatif des seuils critiques :



Culture	A	B	C	C3	D	E	E2	F	F2	G	H	I	J
Abricotier	-9.4	-4	-4		-3.5	-3		-2.2		-0.8	-0.5	-0.5	
Cerisier		-5	-4.5		-3.5	-2.2		-1.7		-1.1		-1	-1
Pêcher		-4	-4			-2.8		-2.2		-1.8	-1	-1	
Poirier		-7	-4	-6	-4.5	-2.8	-2.8	-2	-1.6		-1.5	-1	
Pommier		-7	-4	-4	-3.5	-2.2	-2.2	-2	-1.8		-1.6	-1.6	
Prunier	-20	-5	-4		-3	-2.8		-2		-1.5	-1	-0.5	
Vigne	-6.5	-3.5	-2		-2	-1							
Kiwi	-15	-2	-1		-0.5	-0.5		0					

Pointe verte
Boutons floraux
Floraison
Chute des pétales
Nouaison
Petits fruits

■ NÉBULOSITÉ

Comme on l'a vu, l'absence de couverture nuageuse limite le rayonnement atmosphérique, et aggrave par conséquent le risque de gel par rayonnement.

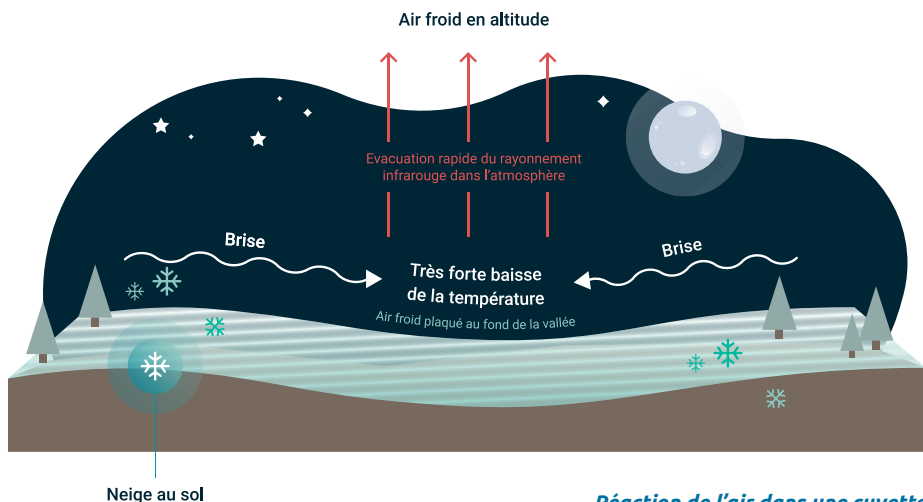
■ VENT

Un vent léger permet de brasser les couches d'air froid proches du sol et l'air chaud en altitude, ce qui limite la baisse des températures. C'est le principe des éoliennes et des tours à vent. En l'absence de vent, le risque de gel par rayonnement augmente en effet drastiquement.

A l'inverse, le vent peut aussi assécher l'air, et favoriser l'apparition d'un gel par évaporation. C'est la raison pour laquelle les moyens de lutte par brassage d'air ne doivent pas être déclenchés au dernier moment : le vent artificiellement produit risque (dans un premier temps) d'assécher l'air. L'eau présente dans la parcelle va alors s'évaporer, provoquant une chute des températures.

■ TOPOGRAPHIE DU PARCELLAIRE

L'air froid est plus lourd que l'air chaud et stagne en bas des pentes. Si votre parcelle est située dans une cuvette, vos cultures sont plus à risque.



Suivre le gel avec Weenat

Pour accompagner les agriculteurs face au risque de gel, Weenat a imaginé un capteur gel connecté à une application web et mobile.

■ À QUOI ÇA SERT ?

Ce capteur, il ne sait faire que 3 choses :



Mesurer la température sèche et la température humide au plus près du bourgeon



Transmettre ces données en temps réel vers l'application Weenat



Et vous alerter dès que la température chute sous un seuil critique

Pourtant, c'est de loin le meilleur investissement que vous allez faire cette année.

- ✓ Parce qu'avec lui, vous ne vous poserez PLUS JAMAIS la question de **savoir s'il gèle sur vos parcelles**. Vous aurez juste à regarder votre téléphone pour connaître la réponse.
- ✓ Parce qu'il va vous faire **gagner des dizaines d'heures de sommeil** sur votre saison (notamment grâce à notre fonctionnalité préférée : les alertes gel par téléphone)
- ✓ Et parce qu'il suffit **d'UNE SEULE NUIT de gel pour le rentabiliser**. Investir quelques centaines d'euros dans un équipement qui peut vous sauver plusieurs hectares de cultures ? Le calcul est vite fait.



On a sauvé 3,8 hectares de vigne sur l'année grâce à une alerte du capteur gel Weenat.

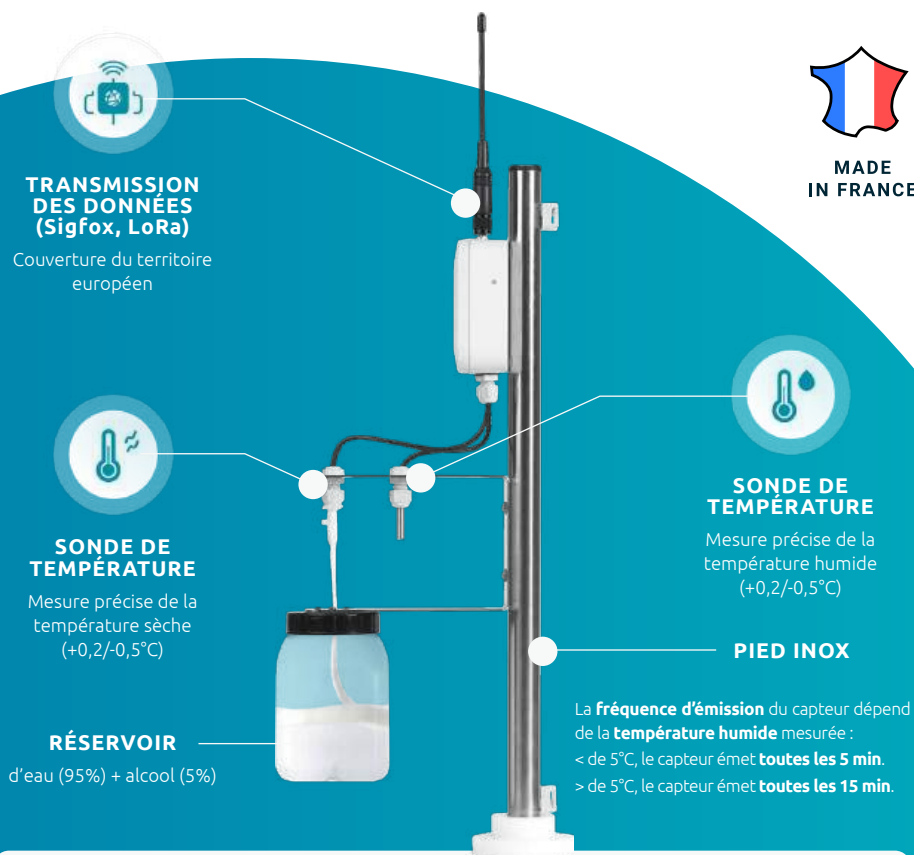
Sébastien Renaudin —
Viticulteur en Loire-Atlantique



■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Le capteur mesure la température humide et la température sèche sans abri **toutes les minutes**. Puis il envoie les températures minimum mesurées vers l'application Weenat à intervalles réguliers.

La transmission se fait via des **ondes basse fréquence**. Le capteur utilise pour cela les réseaux Sigfox ou LoRa, qui couvrent **plus de 95% du territoire français**.



PERFORMANCE

Une qualité de mesure optimale, et une précision qui dure. Même après des années.



MAINTENANCE FACILE

Chaque pièce de nos capteurs peut être changée facilement. Sans l'aide d'un technicien.



ROBUSTESSE

Tous les capteurs Weenat sont fabriqués en France. Avec des matériaux très résistants.

■ L'APPLICATION WEENAT, VOTRE ALLIÉ CONTRE LE GEL

Avec Weenat, suivre le risque de gel sur vos parcelles devient **plus facile**. Retrouvez **toutes les données** mesurées par le capteur gel **directement dans l'application** Weenat, et profitez de **fonctionnalités inédites** pour piloter vos moyens de lutte :



... SUIVI EN TEMPS RÉEL

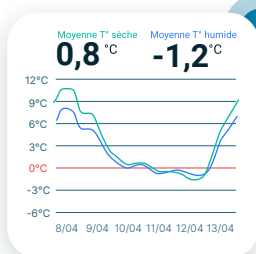
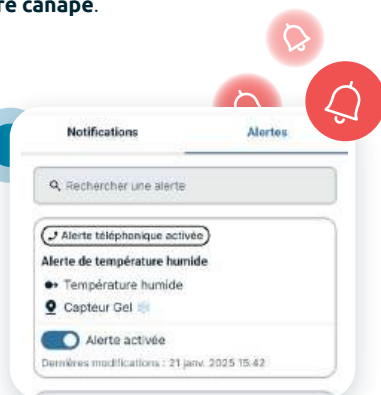
Suivez l'évolution de la température sèche et de la température humide **en direct** de vos parcelles.

Pilotez votre stratégie de lutte contre le gel **avec précision**. Et ce, sans quitter **votre canapé**.

ALERTES TÉLÉPHONIQUES

Dès que les températures chutent sous le **seuil critique**, Weenat vous prévient par téléphone, par email ou par SMS. Et ce, 7j/7 et **24h/24**.

Comme ça, vous gardez toujours une longueur d'avance sur le gel. Vos cultures sont en sécurité. Et vos nuits sont **plus tranquilles**.



HISTORIQUE

L'historique Weenat, c'est la mémoire de votre parcelle. Toutes les données de votre capteur gel y sont conservées, **sans limite de temps**.

Utilisez ces informations pour **optimiser votre stratégie** de lutte contre le gel et **faire un bilan** de votre campagne.



La solution gel Weenat c'est un vrai gain d'anti-stress et de sécurité pendant la saison. On se rassure, ça nous facilite la vie.

Nicolas Godard —
Arboriculteur dans la Drôme

Conclusion

En 2021, la France a perdu 28 à 30% de sa récolte de vin, selon l'organisme public FranceAgriMer. Les autres filières n'ont pas été épargnées et, si vous lisez ce livre blanc, peut-être avez-vous également été impacté par le gel.

La mauvaise nouvelle, c'est que 2021 n'était pas un simple accident climatique. Au cours des prochaines années, ce type de scénario est appelé à se reproduire.

"Le gel est aujourd'hui devenu une problématique majeure pour les arboriculteurs", confirme Stéphanie Prat, directrice de la Fédération Nationale des Producteurs de Fruits (FNPF).

"Il y a 60% de chances supplémentaires qu'un épisode de gel tel que celui d'avril 2021 survienne au cours des 6 prochaines années".

La bonne nouvelle, c'est que la résistance s'organise, et qu'il existe aujourd'hui des moyens efficaces pour lutter contre le gel. Tour à vent, aspersion, chaufferettes... Vous avez le choix.

Mais rappelez-vous que, pour que ces outils fonctionnent, vous devez les déclencher au bon endroit, et au bon moment. Cela passe par un suivi précis du risque de gel sur vos parcelles. A la fois en temps réel, et en prévisionnel.

Là encore, des solutions existent. Nous serons à vos côtés si vous avez la moindre question.

Belle météo,

L'équipe Weenat

Pour vous équiper

- RDV sur **WWW.WEENAT.COM**
- ou appelez le **02 52 86 00 55**



WEENAT

A propos de Weenat

Grâce à son expertise des données météo et des paramètres du sol, Weenat accompagne les prises de décision quotidiennes de l'agriculteur, du semis à la récolte.

Depuis 2014, nos équipes travaillent au plus près des territoires pour développer une gamme complète de capteurs connectés à une application mobile.

Notre objectif ? Aider l'agriculteur à gérer au mieux ses ressources, en optimisant sa rentabilité, son temps, et son impact environnemental.

NOS SOLUTIONS



**MÉTÉO
CONNECTÉE**



**PROTECTION
DES CULTURES**



**PILOTAGE DE
L'IRRIGATION**



**ANTICIPATION
DU GEL**

EN QUELQUES CHIFFRES



30 000

Utilisateurs actifs



30 000

Capteurs agro-météo
installés en France
et en Europe



300

**Distributeurs
et partenaires :**
coopératives, négoce,
instituts et agro-industriels



70

Personnes
au service de
l'agriculture
de précision

Retrouvez-nous...

Sur notre site : **WWW.WEENAT.COM**

Et sur les réseaux sociaux :



Envie d'échanger ?

Par e-mail : **contact@weenat.com**

Par téléphone : **02 52 86 00 55**