

**Zeitschrift:** Le Tracteur et la machine agricole : revue suisse de technique agricole  
**Herausgeber:** Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture  
**Band:** 20 (1958)  
**Heft:** 10

**Rubrik:** Le courrier de l'IMA

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

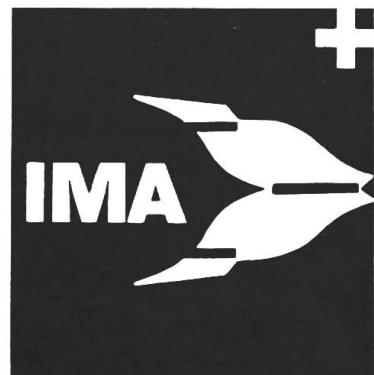
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

3<sup>ème</sup> année juillet/août 1958

Publié par l'Institut suisse pour le machinisme et la rationalisation du travail dans l'agriculture (IMA),  
à Brougg (Argovie) Rédaction: W. Siegfried et J. Hefti



Supplément du no 10/58 de «LE TRACTEUR et la machine agricole».

## Quelques notions fondamentales sur les mesures de protection prises contre les gelées

par le Dr J. Jenny, Lausanne.

### I. Introduction

Les graves dégâts qui furent causés à l'agriculture au printemps de 1957 ont donné un regain d'actualité au problème de la lutte contre les gelées, problème dont on s'occupe d'ailleurs activement depuis des années. Au cours des lignes qui suivent, nous passerons en revue quelques notions fondamentales dont l'importance est grande lorsque l'on entend lutter efficacement contre les méfaits du gel.

Les causes générales de la formation des gelées sont connues depuis longtemps et ont été traitées dans de nombreuses publications<sup>1)</sup>. Ces causes sont avant tout: les courants d'air froid en provenance du Nord et de la Sibérie, les vents froids locaux (produisant les gelées dites advection), le rayonnement, les poches d'air froid des bas-fonds ou l'influence de l'évaporation.

Les méthodes de lutte contre les gelées sont également bien connues. On peut les subdiviser en 3 groupes, à savoir:

1. Protection passive — Choix du terrain approprié pour les cultures, établissement d'abrivents (panneaux de bois, rideaux d'arbres, etc.).
2. Limitation du rayonnement — Disposition d'écrans au-dessus des plantes, émission de nuages artificiels pendant la nuit.
3. Action compensatoire — On cherche à compenser la déperdition de chaleur des plantes (par rayonnement, évaporation ou effet des cou-

<sup>1)</sup> O. W. Kessler et W. Kaempfert — La prévention des dégâts causés par les gelées (Office fédéral allemand de météorologie, dissertation scientifique no. 2, 1944)  
H. Burckhart (Bulletin du Service de météorologie allemand, no. 16, 1956)  
J. Gatteln — La lutte contre les gelées par la congélation artificielle (Brochure de l'auteur, 1944, 1947 et 1949)

rants d'air froid) au moyen d'un apport de calories correspondant (réchauffage ou brassage de l'air environnant, arrosage).

**Réchauffage** — De 150 à 300 chaufferettes (combustible: briquettes, mazout) ou brûleurs (alimentés par une tuyauterie) sont disposés dans les cultures. Ces braserons peuvent produire de 2 à 3 millions de calories. A cet effet, il faut 400 kg de charbon ou 340 kg de mazout<sup>2)</sup>.

**Brassage** — Des ventilateurs développant une puissance de 50 à 200 ch, montés sur des tours, aspirent l'air plus chaud formant les couches élevées et le dirigent horizontalement vers le sol. Pour chaque degré de température supérieur, un million de mètres cubes d'air fournit environ 300 000 kcal. La quantité d'air nécessaire peut être calculée sur cette base.

**Arrosage** — Les plantes sont arrosées en tirant parti de la chaleur latente de l'eau (de 3 à 6 kcal par kg) et de sa chaleur de solidification (80 kcal par kg).

Bien que de nombreuses publications existent aussi en ce qui concerne les mesures préventives contre les gelées, il reste encore passablement à étudier jusqu'à ce que l'on dispose de données suffisantes qui permettent d'adopter des méthodes techniquement au point et plus économiques. Si les données suffisantes font défaut, c'est que les essais pratiques effectués en plein air avec des plantes se montrent difficiles, souvent assez désagréables, et que le champ de mesure est restreint. On a affaire à de très petits intervalles de température, si bien que les instruments de mesure électriques habituels ne peuvent être employés. Les mesurages effectués de nuit et lors de basses températures exigent des appareillages et instruments de mesure spéciaux qui soient adaptés aux conditions existantes.

## II. Recherches personnelles

Nous nous sommes efforcé de suivre de près le comportement des plantes à l'air libre. C'est ainsi que nous avons mesuré l'évolution de la température au voisinage du sol ainsi que le long de la plante, soit du tronc aux branches charpentières, de celles-ci aux branches de moindre section, puis aux bourgeons et aux feuilles (avec et sans dépôt de produit antiparasitaire). La vitesse de refroidissement des bourgeons a été également mesurée après chaque arrosage et formation de glace, mesures qui s'avèrent importantes pour déterminer le régime de rotation des arroseurs.

### 1. L'évolution de la température au voisinage du sol

A proximité immédiate du sol, la température est soumise à de fortes fluctuations qui dépendent du volume de la couche arable, de la nature du sol et des conditions météorologiques. Durant la journée, le sol emmagasine la chaleur irradiée par le soleil, de sorte que sa température augmente. Après

---

<sup>2)</sup> J. Jenny (Terre Vaudoise, no. 47, 1953)

le coucher du soleil, c'est l'inverse qui se produit. Le phénomène du rayonnement commence et il s'avère d'autant plus fort que la conductibilité du sol est meilleure et la surface de radiation plus grande. Une prairie qui présente une importante surface de radiation se refroidira plus vite et plus intensément qu'un sol travaillé — elle sera la première à se couvrir de rosée ou de gelée blanche — et ce dernier se refroidira plus fortement qu'un sol non travaillé.

Le rayonnement entraîne la formation d'une couche d'air froid au voisinage du sol (à une distance variant de 5 à 20 cm), de sorte que des cultures basses telles que certains légumes ou la vigne, par exemple, risquent, suivant leur sensibilité, de subir plus ou moins de dégâts au moment des gelées. Sur les terrains inclinés, en outre, l'air froid, lourd, descend vers les bas-fonds et peut former des poches d'air froid si son écoulement est facile. Lorsque l'air qui flue ainsi accuse une température inférieure à zéro, le refroidissement des plantes se trouve encore accru par son déplacement. La figure 8 nous fait voir quelques courbes concernant la température qui règne à proximité du sol.

Afin de diminuer le rayonnement, et à titre d'essai, nous avons établi un écran sous forme de nuage artificiel. Suivant la grosseur et la quantité spécifique des globules aqueux, ce brouillard absorbe la chaleur radiée ou la répercute vers le sol. C'est ainsi que la chute de température se trouve enrayée pour autant que le nuage présente une certaine stabilité et qu'aucun balayage par des courants d'air froid n'intervienne à ce moment-là. Le même effet peut être obtenu au moyen d'écrans protecteurs solides. A cet égard, les matériaux utilisés jouent un rôle important. Par suite de la surface lisse des chaumes et de l'air qu'ils contiennent (lequel fait fonction d'isolant), les paillassons se montrent efficaces à condition qu'ils couvrent bien la plante.

Les cultures de légumes basses et denses entravant le rayonnement, un sol ayant une telle couverture demeure plus chaud qu'un autre qui en est dépourvu. La grande surface radiante que constitue le feuillage entraîne toutefois un fort rayonnement vers les espaces célestes à partir de la couverture. Mais grâce à la superficie continue que forme cette dernière, les cultures en question s'avèrent particulièrement propices pour l'application de l'arrosage en tant que méthode de lutte contre les gelées. C'est ce que toutes les expériences faites dans ce domaine ont d'ailleurs confirmé. La pluie artificielle — autrement dit la chaleur de solidification que l'eau dégage au moment de sa congélation — arrive à être utilisée ici de la façon la plus rationnelle. Grâce à l'arrosage, la température des plantes, aussi bien que celle du sol, peut être maintenue aux alentours de 0° C.

Rappelons à ce propos que tous les corps possèdent la propriété d'absorber ou de radier, ou les deux conjointement, plus ou moins de chaleur. C'est là que gît la cause principale du gel des plantes. Elles gèlent parce que leur bilan thermique se montre fortement déficitaire, autrement dit parce qu'elles perdent plus de calories qu'elles n'en reçoivent. Leur sensibilité aux gelées est déterminée par la limite inférieure. Plus la superficie radiante s'accroît et plus

les voies d'apport de la chaleur sont longues et les sections petites, plus le refroidissement augmente d'intensité. Si les sections des branches, des rameaux et des bourgeons d'un arbre sont petites, et si les chemins d'apport des calories sont longs, il apparaît clairement que la chaleur émanant du sol n'arrive pas à se propager assez rapidement jusqu'à la ramure. Il en résulte

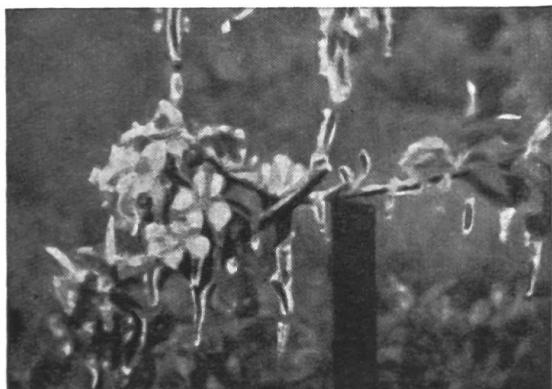


Fig. 1:  
Feuilles et fleurs enrobées de glace

Fig. 2:  
Grâce à l'arrosage (arroseur Perrot), même les fleurs de la vigne (panicules) ont été entièrement protégées contre le gel.

donc un abaissement de la température de la couronne. Les bourgeons et les boutons se trouvent alors les plus en danger. Un bouton de fleur se refroidira vite, tout d'abord à sa périphérie, puis, progressivement, jusqu'à son cœur et à son point d'implantation sur le rameau. Il découle de ce qui précède que durant la nuit, ce sont les arbres et l'herbe dont la température s'avère la plus basse. Un arbre peut accuser une température inférieure à celle de l'air environnant et faire fonction de frigorifique<sup>3)</sup>. Le contraire se produit de jour pour les parties qui sont exposées à l'action des rayons du soleil. Les dépôts de bouillie antiparasitaire arrivent à augmenter encore la chaleur solaire. Le tableau reproduit ci-dessous fournit un exemple de l'évolution de la température en divers endroits d'une plante.

**L'influence du vent** — Tant que le vent n'est pas trop frais, il exerce une action modératrice à l'égard du gel. Mais dès qu'il accuse une tempéra-

<sup>3)</sup> J. Jenny (Schweizer Gärtner no. 37, 1953/Internat. Landmaschinenmarkt no. 4, 1954/Industries agricoles et alimentaires, no. 72, Paris, 1955/Terre Vaudoise, no. 16, 1953)

date	température						
	air	bourgeons		8	20	40 mm Ø	tronc 11 cm Ø
4.2.1953	— 2°	— 3°		— 1	— 0,3	— 0,1	
22.2.1953	— 1°	— 1,1°		— 1,1	— 0,3	— 0,1	
27.2.1953							
08.15 h	— 0,5°	— 0,5°		— 0,5	— 0,5		(Effet du nuage artificiel)
08.30 h	+ 1°	+ 1° (soleil 0,5 cal.)		1,6	2,7	3,5	côté exposé au soleil 3,8 (soleil : 0,5 cal)
28.1.1952	— 1°	humidité 63 % soleil 1,18 cal		côté exposé au soleil normal côté à l'ombre	4,5° normal — 1,5°	blanc 0,5° blanc — 1,5°	
14.15 h							
24.6.1954		soleil: 1,2 cal feuilles à l'ombre: 28,5°, feuilles avec bouillie bordelaise à 2 %, au soleil: 35,5°					

ture de moins de 0° C, son effet peut être dévastateur. C'est en particulier le cas lorsque les parties sensibles des plantes sont mouillées. Aux pertes de chaleur par rayonnement s'ajoute alors une continue soustraction de calorique aux plantes. Cette opération a lieu en deux phases, soit tout d'abord de l'intérieur de la plante à sa périphérie, puis de l'extérieur de la plante vers l'atmosphère. A ce moment-là, ce sont les parties les plus frêles qui courrent les risques majeurs.

En supposant un verger de 1 ha de superficie et une couche d'air environnant de 5 m de haut, par exemple, les pertes par rayonnement et par évaporation sont normalement de 1,2 million de kcal. Un vent de —4° C et d'une vitesse de 0,3 mm à la seconde représenterait un apport de froid équivalant à 650 000 frigories et les besoins en chaleur atteindraient brusquement 1,85 millions de kcal. Afin de se rendre maître d'une telle situation, il faudrait disposer des braseros supplémentaires au point d'où vient le froid, ou bien, dans le cas de mesures préventives par arrosage, avoir la possibilité d'augmenter le débit de l'eau.

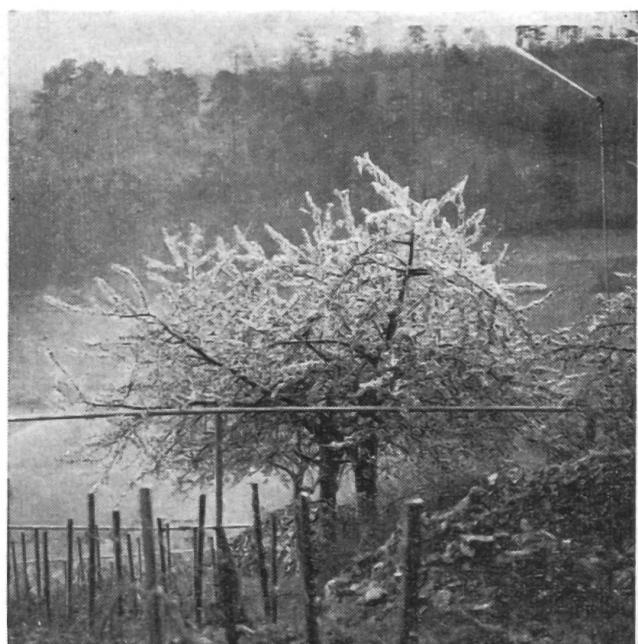


Fig. 3:  
Arbres fruitiers dont toutes les parties sont entourées de glace  
(arroseur Buckner).



Fig. 4:  
Arrosage préventif de cultures  
légumières  
(arroseur Voitsberg).

**L'influence de l'évaporation** — Le processus de l'évaporation enlève des calories à la plante, si bien que le refroidissement peut s'en trouver accéléré. Il s'ensuit que les plantes sèches sont moins mises en danger par le gel.

## 2. L'arrosage employé comme méthode de protection contre les gelées

En recourant au système de l'arrosage comme moyen préventif, on tire parti de la chaleur de solidification de l'eau, qui est de 80 kcal/kg, comme source de chaleur. Si l'eau possède une chaleur propre de 8° C, par exemple, il se dégagera une chaleur totale de 88 kcal. Celle-ci sera répartie sur les cultures par l'intermédiaire d'arroseurs.

Dans la lutte contre le gel par l'arrosage, la quantité d'eau et sa répartition se montrent déterminantes.

**La quantité d'eau nécessaire** — L'eau nécessaire se mesure en millimètres de hauteur de pluie par hectare et par heure. S'il tombe par exemple 2,5 mm d'eau en une heure, cela représente 2,5 l par m<sup>2</sup> et par heure, ou 25'000 l par hectare et par heure, ce qui correspond à la quantité habituelle dans ce domaine. Pour que la méthode de lutte contre les gelées par l'arrosage puisse être appliquée avec succès, il faut que le volume d'eau répandu soit aussi adapté à la surface des plantes, et pas seulement à celle du sol sur lequel elles croissent. Lorsqu'il s'agit de cultures légumières formant une couverture continue, le calcul se montre généralement simple par le fait que la surface des plantes correspond dans ce cas à peu près à celle du sol sur lequel elles se trouvent. Mais il en va par contre autrement si l'on a affaire à des arbres. A cet égard, on fera tout d'abord une différence entre le stade bourgeons et le stade fleurs. Les arbres qui sont au stade bourgeons possèdent une surface de radiation — c'est-à-dire une surface de refroidissement — de beaucoup plus restreinte que celle qu'ils ont au stade fleurs. La quantité d'eau exigée pour lutter contre le gel par le moyen de l'arrosage sera donc différente. Pour mieux nous faire comprendre, nous allons prendre l'exemple suivant:

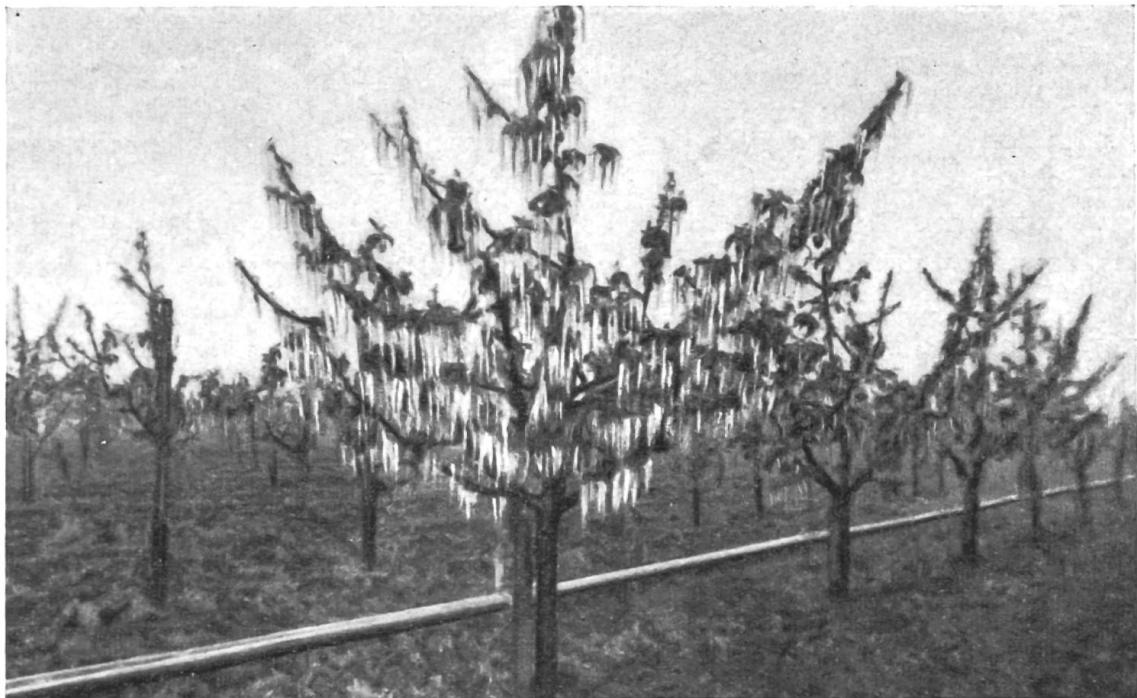


Fig. 5: Aspect d'un arbre fruitier après l'arrosage et la congélation consécutive.

Admettons une culture fruitière de 1 hectare de superficie. Elle comprend 625 arbres, qui ont une couronne de 4 m de diamètre, en moyenne. Afin que nous obtenions une hauteur de pluie de 2,5 mm par heure, il nous faut 25'000 litres-heure pour cet hectare.

Si ces arbres se trouvent au stade bourgeons, leur surface globale n'est que de 1250 m<sup>2</sup> et la quantité d'eau nécessaire pour avoir une hauteur de pluie de 2,5 mm équivaudra à 3'125 lt/h. Il ne faudrait ainsi qu'environ 1/8 du volume répandu sur une superficie d'un hectare. La majeure partie de l'eau distribuée par l'arroseur tombe sur les branches et sur le sol.

Si ces arbres se trouvent au stade fleurs, leur surface totale est par contre de 13.150 m<sup>2</sup> et la quantité d'eau exigée atteint alors 32.875 litres-heure. Il nous faut par conséquent une hauteur de pluie de 3,3 mm par heure. Cela signifie un volume d'eau supérieur à celui que demande un arrosage horaire normal de 2,5 mm sur une superficie plane de 1 hectare.

On obtient des valeurs similaires si l'on prend la moitié supérieure de la couronne de ces 625 arbres. Pour un diamètre de 4 m, les demi-sphères en question accusent une surface globale de 15.750 m<sup>2</sup>, ce qui correspond à un besoin horaire d'eau d'arrosage de 39.375 lt. Rapporté à la superficie plane de 1 hectare sur laquelle se trouve cette culture fruitière, cela correspond à une hauteur de pluie de 3,9 mm en une heure.

Il est difficile de se prononcer sur la quantité d'eau qui s'avère la plus rationnelle. Au stade fleurs, celle de 2,5 mm par heure se montre théoriquement insuffisante par froid vif ou par vent très frais pour assurer l'apport de chaleur nécessaire. Avec une hauteur horaire de pluie de 3,9 mm, il convient d'autre part de tenir compte du fort poids de la glace, ainsi que de la satu-

ration du sol qui se produit par cette eau dégouttant des branches et des rameaux.

De grandes quantités d'eau demandent par ailleurs des pompes et des installations correspondantes, lesquelles occasionnent éventuellement des frais d'acquisition élevés.

A notre sens, il apparaît indispensable de se baser dans ce domaine sur des données fournies par l'expérience, données ne pouvant être obtenues qu'au moyen d'essais suffisamment nombreux.

Dans cet ordre d'idées, une remarque nous semble encore s'imposer en ce qui concerne la grosseur des gouttelettes de l'eau d'aspersion. Une plante qui possède une grande surface de radiation — autrement dit une surface qui évacue beaucoup de calorique — est capable de retenir plus d'eau (ou de glace) et de bénéficier ainsi de sa chaleur. Elle peut par conséquent être mieux protégée contre les gelées par l'arrosage qu'une plante ne présentant qu'une petite surface de radiation. Les grosses gouttelettes — qui correspondent à une basse pression de l'eau — apparaissent donc indiquées, en particulier dans le cas de cultures de plantes à larges feuilles.

Pour les plantes qui se trouvent au stade bourgeons, de même que pour les vignes — à surfaces réceptives étroites —, les grosses gouttelettes ne conviennent pas du fait que leur capacité d'adhérence est insuffisante et qu'elles ne mouillent ainsi qu'une partie des surfaces de la plante. Des petites gouttelettes se montrent donc indiquées dans ce cas et l'on arrosera avec une pression supérieure.

La grosseur des gouttelettes détermine aussi la superficie que l'on peut arroser avec un litre d'eau. Dix litres d'eau en gouttelettes de 1 mm de diamètre permettent de couvrir une aire de 15 mètres carrés, des gouttelettes de 0,5 mm de Ø, une de 30 m<sup>2</sup>, et des gouttelettes de 0,1 mm de Ø, une de 150 m<sup>2</sup>. Dans la pratique, ces surfaces sont quelque peu supérieures en raison du fait que les gouttelettes s'aplatissent en touchant leur support.

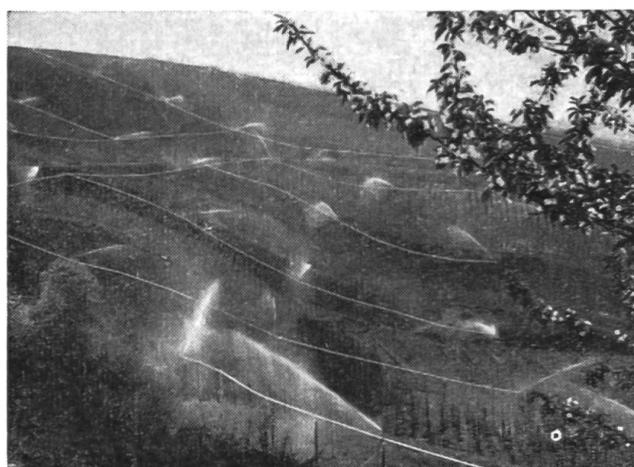


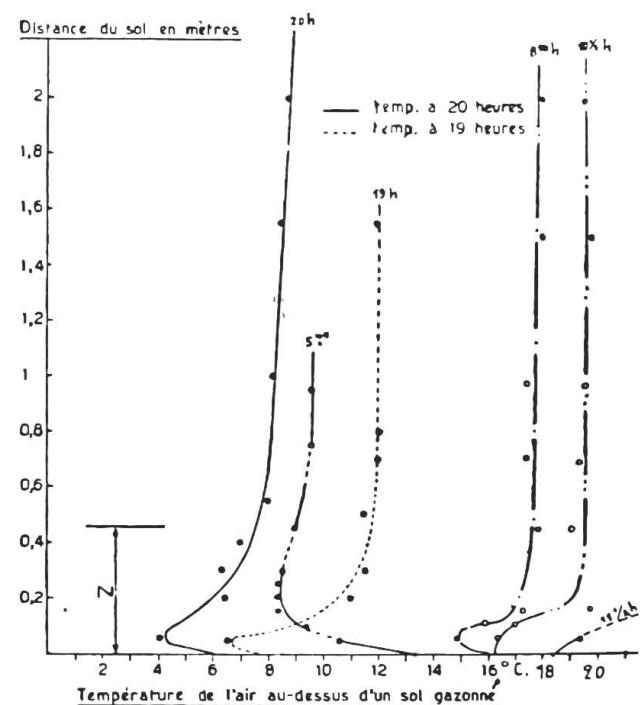
Fig. 6:  
Mesures de protection contre les gelées dans un vignoble (arroseur Mannesmann).



Fig. 7:  
Mesurage de la température le long du tronc et des branches d'un arbre fruitier.

Fig. 8:  
Exemples de mesurages effectués le 11 juin 1952  
(temps calme, ciel clair, rosée sur l'herbe):

— . . . — 5 h. 45 min.  
— . — . — 8 h. 50 min. 1,2 cal/cm<sup>2</sup>/min.  
— . . . — 10 h. 30 min. 1,48 cal/cm<sup>2</sup>/min.  
..... 12 h. 30 min. 1,45 cal/cm<sup>2</sup>/min.



Des gouttelettes trop ténues se montrent défavorables lors d'un arrosage car elles sont facilement chassées par le vent. (C'est un fait que l'on peut observer de temps en temps avec les brise-jet).

#### La répartition de l'eau

La répartition de l'eau est assurée par les arroseurs. Il convient de poser de grandes exigences à ces appareils. Il faut qu'ils distribuent l'eau avec une régularité absolue, que ce soit à grande distance ou à proximité

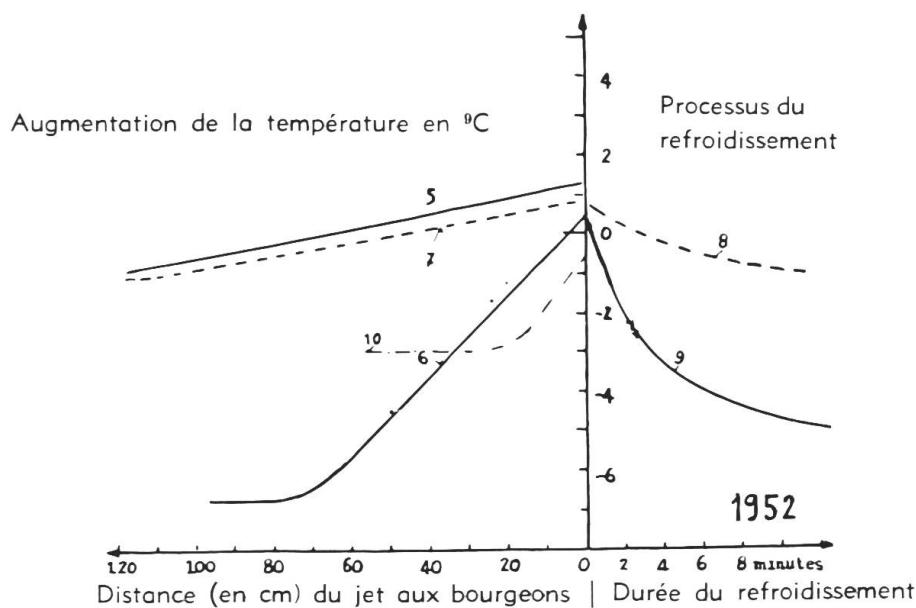


Fig. 9: Influence de l'arrosage sur la température des bourgeons.

immédiate. La superficie à arroser augmente en effet proportionnellement au carré de la longueur d'arrosage (distance représentée par le rayon du cercle que décrit le jet à partir du point de station de l'arroseur). En d'autres mots, cela signifie que l'accroissement de la longueur d'arrosage exige un volume d'eau considérable pour qu'une hauteur de pluie de 2,5 mm puisse être répandue partout. Il est par conséquent indispensable que le débit de l'eau soit réglable.

Ce fait apparaît plus compréhensible lorsqu'on le représente graphiquement, comme ci-dessous.

En supposant une longueur d'arrosage de 0,5 m, un arroseur circulaire irrigue un cercle de  $3,14 \text{ m}^2$  de superficie. Afin d'obtenir une hauteur de pluie de 2,5 mm sur cette aire, il faut y répartir régulièrement 7,85 lt. par heure. Si le cercle irrigué accuse un rayon de 4 m, la surface arrosée se trouve déjà être de  $25 \text{ m}^2$ , la quantité d'eau exigée atteignant alors 63 litres-heure. Avec un rayon de 12 m, le cercle arrosé est de  $75 \text{ m}^2$  et il faut 189 litres par heure, soit 24 fois plus que lorsque le rayon (distance d'arrosage) est de 0,5 m.

Le calcul des diverses vitesses circonférentielles qui correspondent à un régime de rotation donné de l'arroseur permet également de voir que l'appareil doit livrer davantage d'eau lorsque la distance d'arrosage augmente. Si nous admettons par exemple les longueurs d'aspersion précitées ainsi qu'un régime de rotation de l'arroseur de 1 tour-minute, nous obtenons les temps suivants concernant le passage du jet d'eau sur une rangée de plantes de 30 cm de largeur:

longueur d'arrosage de 0,5 m: 5,73 secondes  
 longueur d'arrosage de 4 m: 0,72 secondes  
 longueur d'arrosage de 12 m: 0,24 secondes

Cet exemple montre qu'à une distance de 12 mètres de l'arroseur, le jet d'eau passe sur la rangée de plantes à une vitesse 24 fois supérieure à celle qui est la sienne à la distance de 0,5 m. Il en découle par conséquent qu'un volume d'eau 24 fois plus grand doit être aspergé avec une pareille longueur d'arrosage.

Pour plus de clarté, nous avons récapitulé ci-dessous les données dont il vient d'être question.

Longueurs d'arrosage (en mètres)	0,5	4	8	12
Volumes d'eau nécessaires (en litres) pour ces différentes longueurs d'arrosage, la hauteur de pluie étant de 2,5 mm par heure	7,85	63	126	189
Temps de passage du jet d'eau (en secondes) sur une rangée de plantes de 30 cm de large pour ces différentes longueurs d'arrosage, la vitesse de rotation de l'arroseur étant de 1 tour-minute	5,73	0,72	0,36	0,24

Afin qu'un arrosage préventif ait toutes les chances de succès, il faut veiller à ce que la plus grande quantité possible de la chaleur de solidification de l'eau soit utilisée pour protéger la plante contre les gelées. A cet effet, il importe que la totalité de la superficie de la plante — c'est-à-dire également le dessous des pétales, les points d'implantation des rameaux et les branches fruitières — soit complètement couverte de gouttelettes. Aussi y a-t-il lieu de faire attention aux points suivants, à cet égard:

- Le jet d'eau doit être divisé de telle façon par des buses appropriées et des brise-jet que chaque partie sensible de la plante reçoive la quantité d'eau voulue. (La pulvérisation pourrait être éventuellement influencée à l'aide d'une vrille à rainures presque verticales). Afin qu'une répartition uniforme se produise, tous les arroseurs devraient tourner à peu près à la même vitesse.
- L'eau doit se congeler de manière continue. Il ne faut pas lui laisser le temps de prendre une température nuisible. En d'autres mots: le régime de rotation des arroseurs doit être tel qu'il assure un processus de congélation ininterrompu. (L'allure de rotation dépend de la vitesse de refroidissement de la plante, celle-ci dépendant à son tour du rayonnement et du vent).
- Le régime de rotation de l'arroseur doit être aussi d'approchant 1 tour-minute lorsqu'une couche de glace s'est formée. (Comme on le voit sur la fig. 9, la température des bourgeons a baissé après la cessation de l'arrosage, soit jusqu'à  $-2^{\circ}\text{C}$  en 2 min., et jusqu'à  $-4^{\circ}\text{C}$  en 6 min.)
- L'installation d'arrosage exige une surveillance.

Si toutes les conditions énumérées ci-dessus sont remplies, on peut être assuré que la température des plantes sera maintenue aux environs de  $0^{\circ}\text{C}$ , excepté dans le cas de surprises (vent fort et froid).

Dans le but de se faire une idée claire des besoins exacts en chaleur — ce qui, pour des motifs d'ordre pratique, est fort compréhensible —, on essaye de déterminer les déperditions de calories par le calcul. Les méthodes adoptées à cet égard sont celles auxquelles on recourt habituellement en thermo-dynamique. En matière de lutte contre les gelées, cependant, les facteurs en cause sont très variables, comme nous l'avons déjà dit plus d'une fois. Lorsqu'on calcule les pertes dues au rayonnement, à l'évaporation et au vent, il faudrait tenir compte du fait que les plantes, ainsi que des parties des plantes, ne sont pas exposées de la même façon aux risques du gel. Il coule de source que les organes des plantes qui, comme les bourgeons et les fleurs, sont protégés par d'autres parties, ne perdent pas autant de calories que ceux qui sont exposés. Si l'on établit son calcul en se basant sur les parties des plantes qui sont exposées ou sur celles qui sont protégées, les chiffres obtenus se montreront respectivement trop élevés ou trop bas. Aussi convient-il

d'opter pour une grandeur moyenne qui reflète la proportion approximative des parties exposées et des parties moins exposées. C'est une chose qu'il n'est pas facile d'établir sans procéder à d'autres essais et mesurages. Les calculs effectués sur la base d'essais de laboratoire, et qui se montrent valables pour des températures et des conditions de vent déterminées, ne peuvent pas être utilisés tels quels dans la pratique. Il est nécessaire de les corriger au moyen de certains coefficients, lesquels restent d'ailleurs encore à déterminer en se fondant sur des essais pratiques. Cette remarque s'applique avant tout aux arbres fruitiers.

### **III. Récapitulation**

Suivant les conditions locales, les mesures préventives contre les dégâts causés par les gelées peuvent être les suivantes: protection passive (choix de l'emplacement des cultures), disposition d'écrans solides ou émission d'écrans gazeux, réchauffage de l'air par braseros, brassage de l'air environnant par ventilateurs ou arrosage des plantes. Il est possible, grâce à l'apport d'environ 3 millions de calories par hectare et par heure (chiffre permettant par ailleurs de calculer les quantités de combustible et d'eau voulues), de lutter efficacement contre les méfaits du gel pour autant qu'il ne survienne pas de forts vents froids. En procédant à un tel arrosage de protection avec un arroseur circulaire, on augmentera les chances de succès en veillant à ce que les passages du jet d'eau aient lieu à un rythme suffisamment rapide (1 passage par minute) et à ce que le nombre des battements du brise-jet soit élevé. Ainsi que le montre nettement tout ce qui a été exposé plus haut, l'application de l'arrosage comme méthode de lutte contre les gelées n'est cependant pas chose facile.

Etant donné qu'on est obligé de compter avec la diversité des cultures et la variabilité de multiples conditions telles que le lieu, la température, la grandeur de la surface radiante, la force du vent, la sensibilité des plantes considérées, etc., les règles à établir pour ce procédé de lutte contre le gel ne doivent jamais être fixées de façon trop absolue. Par ailleurs, d'autres essais pratiques s'avèrent encore indispensables. Quoi qu'il en soit, il faudrait qu'une installation d'arrosage soit prévue pour lutter encore efficacement contre les gelées tout au moins lorsque la température atteint —5°C. Il n'est en effet pas facile de procéder à la modification d'une telle installation au cours de l'arrosage — par déplacement des braseros ou par changement des buses — lorsque les conditions empirent de manière subite. Dans le cas de la méthode du réchauffage de l'air, le mieux à faire est de disposer un certain nombre de braseros aux endroits les plus exposés. S'il s'agit d'une installation d'arrosage, on donnera provisoirement une pression supérieure au jet — pour autant que l'on dispose d'une réserve de pression — afin d'augmenter ainsi quelque peu le volume d'eau projeté. (Trad. R. Schmid)