

Zeitschrift: Le Tracteur et la machine agricole : revue suisse de technique agricole
Herausgeber: Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture
Band: 18 (1956)
Heft: 3

Artikel: La protection des végétaux contre le gel printanier : chauffage et arrosage
Autor: Jenny, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082969>

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: 25.02.2026

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

La protection des végétaux contre le gel printanier

Chaudage et arrosage

Par le Dr. J. Jenny, Lausanne

La protection des cultures contre les méfaits du gel printanier constitue, comme on le sait, un problème de première importance pour certaines régions. Les mesures les plus diverses devant permettre de parer à ce danger ont été préconisées et appliquées avec plus ou moins de succès.

Le gel printanier, dont le mécanisme est connu dans ses grandes lignes, est dû à un refroidissement sensible des couches d'air au voisinage du sol. Par nuit claire et calme, le sol, qui s'est réchauffé pendant la journée, radie de la chaleur vers le ciel. Le sol étant mauvais conducteur, la chaleur contenue dans les couches plus profondes ne peut compenser assez rapidement cette perte; il s'ensuit un refroidissement plus ou moins intense de la surface du sol et de la couche d'air qui le recouvre. L'air étant également mauvais conducteur et peu accumulateur de chaleur, les couches d'air supérieures (à moins d'un brassage) n'arrivent pas à réchauffer les couches inférieures qui deviennent de plus en plus froides. En outre, l'air froid étant plus lourd que l'air chaud, il stagne sur le sol et forme une couche de plus en plus épaisse ou des coulées d'air froid dans les déclivités. D'autre part, les plantes elles-mêmes transpirent et radient. Les branches fines, les brindilles, vu le rapport défavorable entre leur surface et leur section, se refroidissent plus rapidement et davantage que les grosses branches et les troncs, l'apport de chaleur par l'intérieur étant très lent. Elles agissent comme un frigorifique sur leur entourage; aussi l'eau contenue dans l'air se condense-t-elle sur leur surface, d'où formation de rosée ou de givre sur les abrisseaux et sur l'herbe, ainsi que sur tout corps perdant sa chaleur sans apport interne ou externe (fils électriques, treillis de barrière, gravier n'étant pas en contact étroit avec le sol, ferronnerie, voire carrosserie d'automobile séjournant dehors). Par froid vif, cette couche de givre peut atteindre une notable épaisseur. Ceci explique aussi pourquoi les sols gazonneux sont plus froids que les champs labourés.

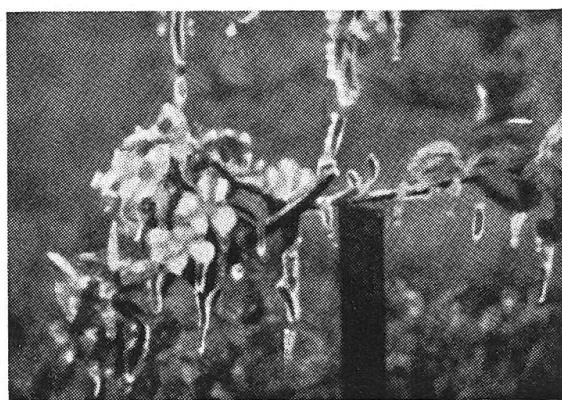
Ce mécanisme du gel nous montre par quelles méthodes réduire ses effets:

A. On peut essayer de diminuer l'effet des radiations nocturnes, par exemple:

1. En recouvrant les végétaux (capuchons pour vigne, toile, sacs, etc.).
2. En produisant un brouillard artificiel. Les radiations sont partiellement réfléchies, partiellement absorbées ou radiées vers le ciel. Les proportions dépendent de la densité et de l'épaisseur du brouillard.



Flétrissement, pendant le gel, de feuilles non arrosées



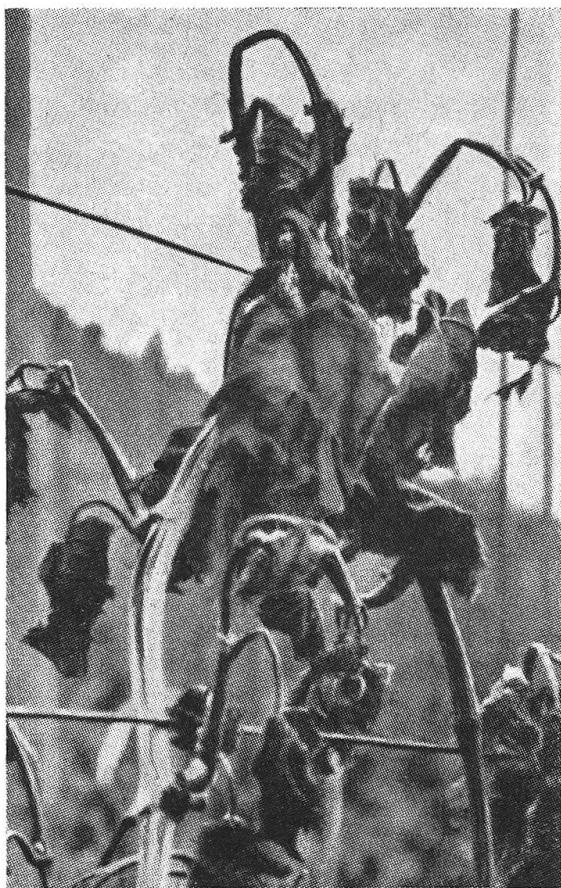
Fleurs et feuilles entourées de glace

B. On peut également lutter contre le refroidissement en chauffant les végétaux:

1. A l'aide de chaufferettes (émission de rayons infra-rouges).
2. Par arrosage.
3. Par brassage de l'air, à l'aide de ventilateurs amenant les couches d'air plus chaudes vers le sol et les mettant en contact avec les plantes et l'air froid.
4. Par chauffage et brassage combinés.

Le point important dans ce problème est d'empêcher la température du bourgeon de descendre au-dessous d'un seuil qui lui est propre. C'est à cela que tendent tous les procédés mentionnés ci-dessus. La température du végétal étant d'une importance capitale, il n'est pas étonnant que bien des auteurs se soient occupés de cette question et aient cherché à déterminer la température du végétal par rapport au milieu ambiant.

En effet, on sait que, pour différentes raisons (du fait de radiations, de sa masse, de sa couleur, de la transpiration, etc.) comme nous venons de le voir, le végétal peut prendre une température différente de celle de l'air ambiant. Exposé pendant les nuits de gel à une source de chaleur, il va se réchauffer et tendre vers un nouvel état d'équilibre. Si l'échauffement est suffisamment intense, le végétal peut prendre une température égale ou supérieure à celle de l'air ambiant. Au contraire, si le chauffage fait défaut, sa température pourra, le cas échéant, descendre en-dessous de celle de l'air ambiant. Pour déceler cette température, un appareillage spécial est nécessaire. Le contrôle de la température à l'aide de thermomètres ordinaires n'est pas toujours très précis. En effet, ces thermomètres ont une certaine masse et un certain pouvoir d'émission qui leur est propre. Ils sont placés dans un milieu gazeux de conditions parfois très variables (l'air); aussi peuvent-ils indiquer des températures ne correspondant pas à la température



Vigne anéantie par le gel



Grâce à l'arrosage lent (installation Perrot), même les fleurs de la vigne sont restées parfaitement saines

réelle du végétal, ni à celle de l'air. La coloration de la poche de mercure influe aussi notablement sur les résultats. C'est ainsi qu'un thermomètre enduit de noir de fumée indiquera une température plus basse par nuit calme, claire et froide, qu'un thermomètre sans enduit, alors que ce sera l'inverse par le soleil. Ainsi le 28.2.1952, nous avons lu à $1\frac{1}{2}$ mètre du sol, sur thermomètres verticaux, à 12.30 h.: $+9^\circ$ sur un thermomètre nu et $+11^\circ$ sur un thermomètre noir, alors qu'à 23.00 h. nous avons lu 0° sur le thermomètre nu et $-0,3^\circ$ sur un thermomètre noir (au thermographe, à 1,8 mètres du sol: $+1^\circ$). Si, au lieu de noir de fumée, on emploie de la couleur noire, la température sera encore différente. Nous avons également essayé avec d'autres couleurs, notamment avec du blanc (lisse, rugueux), voir fig. 2.

Ces diverses considérations nous firent rechercher des appareils permettant de déceler d'une façon plus exacte la température réelle de l'air et celle du végétal et, par la même occasion, de comparer la température qu'ils indiquent avec celle des thermomètres ordinaires de même construction, colorés ou non. Nous avons adopté pour l'enregistrement automatique des

températures un appareil à résistances électriques permettant d'enregistrer la température à 6 endroits différents. Par contre, la mesure directe de la température fut faite au moyen de thermocouples. (Essai de mesure de la température des bourgeons de pommiers et poiriers, Rev. Rom. Agric. Vitic. Arbor. 1953, no. 3. — Recherche d'une méthode pour la détermination de l'efficacité réelle de la lutte contre le gel, Chauffage, Aspersion, Terre Vaud. 1953, no. 16.) Une série de mesures furent effectuées sur un pommier, sans action artificielle de l'extérieur. Par nuit froide, on tenta de chauffer le végétal à l'aide d'un corps électrique.

D'autre part, deux jeunes poiriers furent arrosés à plusieurs reprises afin de constater l'effet de l'aspersion et la rapidité du refroidissement après l'arrêt.

Ci-après quelques exemples parmi les nombreuses mesures donnant la température de l'air et celle de bourgeons de pommier. (En janvier, les bourgeons sont peu développés et moins sensibles.)

20.1.1952 Ciel clair, léger vent du nord. Lecture des thermomètres à 21.30:

Thermomètre nu dans niche: -8° C, Thermomètre vert: -7,5° C

Sonde électrique,

température de l'air ° C: -5,5 -5,5 -5,8 -5,8 -5,5 -5,5 -5,5 -5,5 -6 -6

Sonde électrique,

température bourgeons ° C: -5,5 -5,8 -6 -6 -6 -5,6 -6,2 -6,2 -6,3 -6,3

Différence en ° C: 0 0,3 0,2 0,2 0,5 0,1 0,7 0,7 0,3 0,5

Pendant ces essais, qui nous montrent que, dans le cas considéré, la température des bourgeons fut légèrement plus basse que celle de l'air, nous avons pu constater que les bourgeons sont excessivement sensibles aux moindres variations de la température ambiante, le plus petit courant d'air suffisant pour en faire varier immédiatement la température.

Heures 21.1.52	07.45	12.30	13.40	16.25	16.45	16.58*	17.00	17.30	18.00
Radiations solaires cal. cm ² min.		1,35	1,48	0,9	0,6	0,5	0,09	0,01	
humidité ° C	75	63	64	58			62	70	
Temp. thermographe	-7,2	-5	-4,8	-4,5			-5	-6,9	
Temp. de niche therm. nu							-6,1	-7,2	-8,2
Temp. de niche therm. vert.							-5,3	-6,6	-7,2
Temp. de niche therm. noir							-8,2	-7,5	-7,9

* coucher du soleil

Température réelle mesurée le **21.1.52** avec une sonde électrique peu avant et pendant le coucher du soleil:

Heure 16.45 16.58 17.00

Radiations solaires

Cal. cm² min. 0,6 0,09

Temp. air en ° C -1,5 -1,5 -2 -4 -4 -5 -5 -5,8 -6,5 -6,8 -7 -7 -7,8 -7 -7 -7

Temp. bourg. en ° C -1 -0,5 -1,5 -3,5 -4 -4,1 -4,5 -4,5 -6,5 -6,8 -7,1 -7,3 -7,5 -8,3 -7,5 -7,3 -7,3

Essai de chauffage avec lampe de 25 Watts.

Le ciel est couvert, il neige (25 janvier 1952):

18.00 h. Arbre 2

Distance approx. en cm:	10	5	4	2	1	1	
Rad. solaires cal. $\text{cm}^2\text{min.}$:	0,3	0,55	0,75	1	1,25	1,25	
Temp. en $^{\circ}\text{C}$:	-0,9	-0,1	+0,4	+1,2	+1,3	+4	5,5
Gain en $^{\circ}\text{C}$:	0,8	1,3	2,1	2,2	4,9	6,4	

Thermomètre dans arbre: nu = $-1,9^{\circ}\text{C}$, vert = $-1,9^{\circ}\text{C}$, noir = $-1,8^{\circ}\text{C}$.

Le gain de température est appréciable, mais il exige un apport de chaleur. La durée d'exposition joue également un certain rôle.

Arrosage

La méthode consistant à asperger les végétaux pour les protéger contre le gel n'est pas récente. Par contre, son application dans la pratique commence seulement maintenant. Le principe de cette lutte consiste à utiliser la chaleur latente de l'eau, d'une part, et la chaleur latente de la glace, d'autre part, pour réchauffer et protéger les bourgeons. Pour cela, les plantes sont soumises à un arrosage approprié. La chaleur contenue dans la carapace tarde, après arrêt de l'aspersion, le refroidissement du végétal; grâce à ce phénomène, il est possible de réduire la consommation d'eau au strict minimum. M. J. Gattlen préconise un arrosage périodique à l'aide d'arroseurs dont la vitesse de rotation est réglée de manière que le végétal reçoive, après un cycle déterminé, un nouvel apport de chaleur sous forme d'eau; pour être efficace, l'arrosage doit être prolongé au-delà du lever du soleil, afin que les bourgeons aient le temps de se réchauffer.

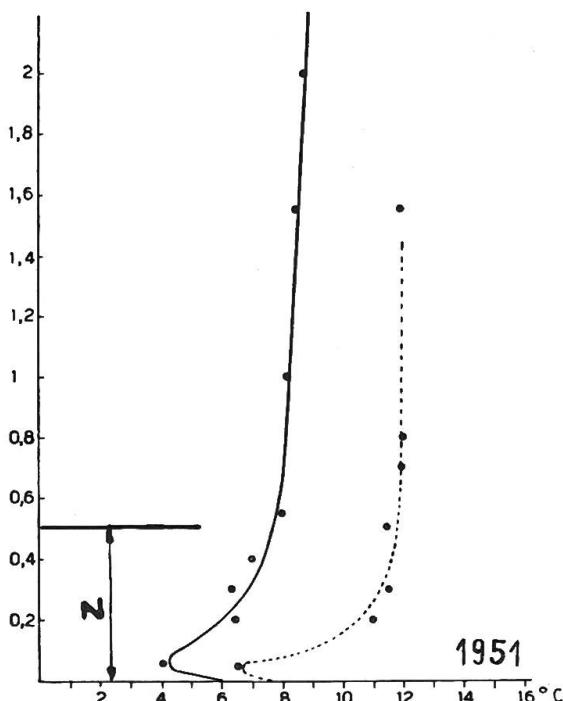
Distance du sol en mètres

Fig. 1:

Température de l'air au-dessus d'un sol gazonneux

— = température à 20 heures

- - - = température à 19 heures



température en $^{\circ}$ C.

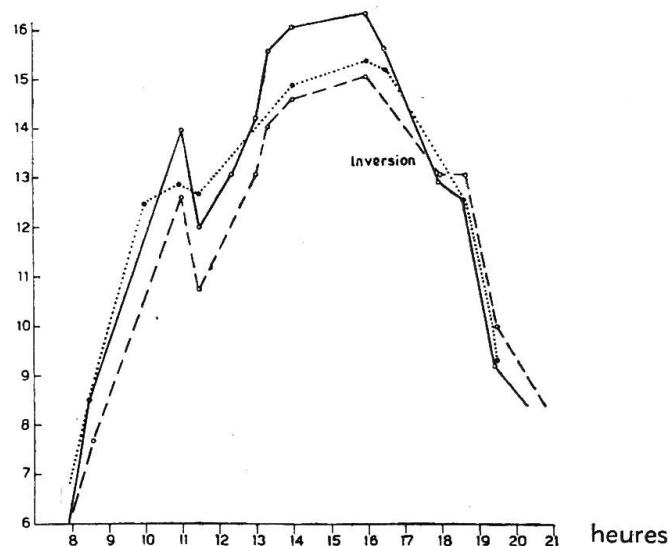
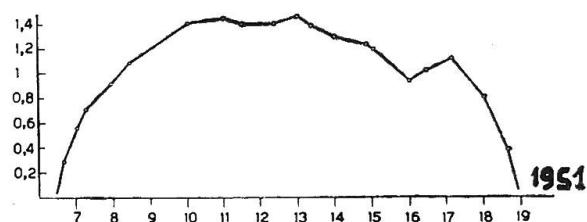


Fig. 2

- = température selon le thermomètre peint en blanc
- = température des bourgeons
- - - = température de l'air ambiant

radiations solaires (cal./cm²/min.)



Nous fîmes une série d'essais sur petits poiriers. Sur chaque arbre était fixé un thermomètre nu, un thermomètre vert, un thermomètre noir, ainsi qu'une sonde électrique donnant la température du bourgeon. Il était possible de lire simultanément la température des bourgeons sur deux arbres. Nous fîmes des recherches sur la rapidité du refroidissement après chaque arrêt de l'arrosage.

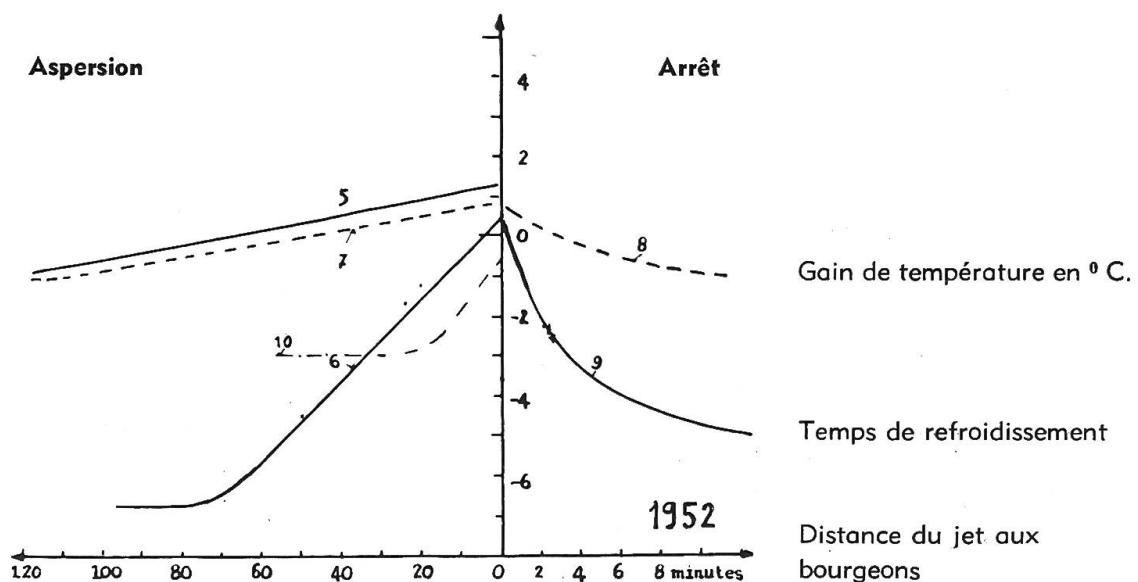


Fig. 3: Effet de l'aspersion et du refroidissement sur la température des bourgeons.

25 février 1952 Mesure sur poirier no 1, à 0,80 m du sol

16.10 h, 0,08 cal./cm²/min. Humidité 85 %. Thermographe -1,9°. Nébulosité 100 %.

Thermomètres sur arbres, nu -2°, vert -1,4°, noir -1,5°, Bourgeons -0,95° stable.

Eau d'aspersion 5,7°. Débit 13,6 l/min.

Temps (heure):	16.10—16.36	16.37	16.43	16.46							
Etat:	légère aspersion				Refroidissement des bourg. couv. glace						légère aspersion
Temp. bourg. en °C:	-0,95 +0,7 +0,9	0,8	-0,6	-0,8							-0,5 +0,7 +0,9 1,1 1,1 1,8
Variation en °C:	0 1,65 1,85	1,75	1,4	1,6							0,45 1,65 1,85 2,05 2,05 2,75
Minutes:		0	6	9							
Distance appr. entre jet et arbres:								1	0,4	0,3	0,2 0 0

29.2.1952: Poirier no 1:

Débit: 12,3 l/min, dont seule une fraction est utilisée.

Température de l'eau: 5,5 °C.

Température à 18.10 h.: Thermomètre nu: -7,3 °C, vert -7,3 °C, noir -7,5 °C.

Bourgeon: -6,5 °C. Air: sonde électrique -6 °C.

Distance entre arbre et jet, env. (en m.)		0,5	0,25	0,1	0
18.10 Temp. des bourgeons, en °C	-6,5	-4,5	-1,5	0	+0,5
Gain en °C	0	2	4	6,5	7
18.16 Arrêt			refroidissement		{ +0,5
18.26					{ -4,2
18.27 Aspergé	-5	-4,8	-2	+0,5	+0,5
18.28 Arrêt					{ +0,5
18.34			refroidissement		{ -3,7
18.40					{ -4,6

Ces arbres étaient recouverts d'une carapace de glace formant temporairement une couche protectrice.

Ces essais montrent d'une façon très nette les variations de la température des thermomètres, de l'air et des bourgeons en fonction des conditions ambiantes. L'action des radiations du sol sur la température de l'air après le coucher du soleil fut particulièrement sensible lors de l'un de nos essais, si l'on en juge d'après les chiffres ci-après: 4° C pour le gazon, 5° C pour le sol non gazonné, 6,5° à 0,3 m du sol, 8° à 0,8 m du sol, 8,5° à 1,5 m et 9,5° à 2,3 m (fig. 1). Ce refroidissement a pour effet l'inversion de la température des bourgeons. Supérieure à la température de l'air pendant la journée, elle peut devenir inférieure à celle-ci après le coucher du soleil (fig. 2). Les thermomètres colorés (blanc, rouge, jaune, vert, noir) présentent, lors de l'échauffement, de notables différences selon les conditions environnantes (8° pour les thermomètres actiométriques horizontaux).

Nous avons spécialement étudié la zone proche du sol. En mesurant avec notre sonde la température près du sol, cm par cm en-dessus de celui-ci, nous avons pu établir des courbes de variation de la température avant, pendant et après le lever ou le coucher du soleil, comme aussi pendant la journée. Nous avons ici une zone de 5 à 20 cm au-dessus du sol, avant le lever ou le coucher du soleil, peut-être plus froide que le sol au-dessus de 20—30 cm, notamment les sols engazonnés. Le gazon étant plus froid par suite de ses



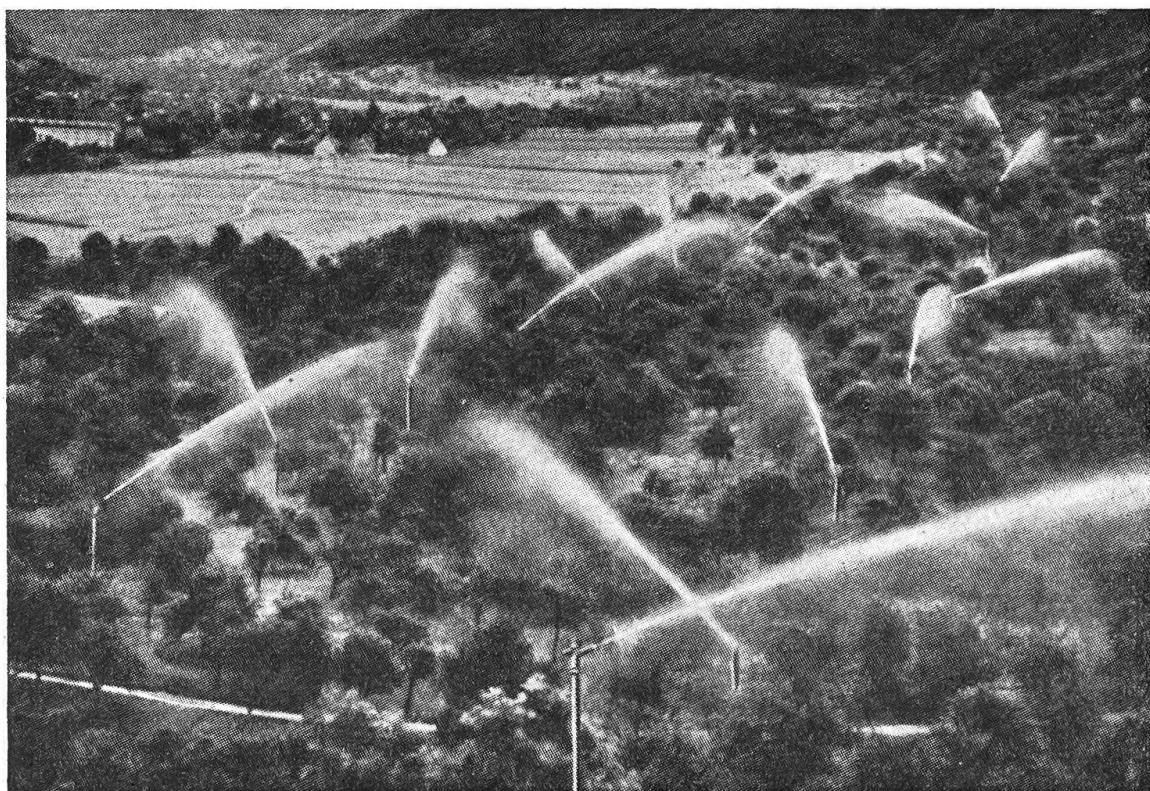
Installation Perrot LKA-30 pour l'arrosage lent (cultures de tabac)

radiations devient frigorifique (comme aussi les plantes sous certaines conditions) que l'air ambiant, l'eau contenue dans l'air se condense (rosée) ou gèle (givre). Ci-après quelques chiffres obtenus le soir à 18 h. 15.

Distance au sol cm	0	1	2	5	10	20	30	50	75	100	150	175
a) Temp. sol gazonneux °C	10	8	5	4,7	4,8	5,3	5,3	6,5	7,2	7,2	7,7	8,3
b) Temp. sol gazonneux °C	15			0,7		0,5			0,7	1		

Par soleil et temps calme, les rôles peuvent s'inverser. S'il s'agit de feuilles recouvertes d'un produit antiparasitaire au printemps ou en été, le dépôt influence également le degré d'échauffement. Ainsi temp. de l'air 28,5° (sonde élec.), feuille à l'ombre 28° C, au soleil 35°, feuille avec dépôt de bouillie bordelaise 43° au soleil. Pendant le passage d'un léger brouillard 28,2°, 26°, 27,4° et 29°.

La courbe de refroidissement de l'air à proximité du sol aura pour effet que les bourgeons, dont la température est prise à des hauteurs différentes, présentent des différences de température, de sorte que les chiffres indiqués n'ont rien d'absolu. Plus froids que l'air ambiant à proximité du sol, ils seront plus exposés au gel. Ceci a son importance pour les cultures basses (courbe de refroidissement fig. 1). Le thermographe placé dans une niche



Installation Perrot LKA — 30 pour l'arrosage lent (verger)

lors de notre essai a donné des températures qui n'étaient pas très éloignées des températures mesurées sur les bourgeons.

Les branches et branchettes sont, selon les conditions ambiantes, plus chaudes, égales ou plus froides que l'air (ainsi air 17° et branchette 18,50°). Plus chaudes que l'air par le soleil, elles deviennent plus froides après le coucher du soleil par temps clair (11.IV.52 à 20.30 h.: air 11°, 11,5°, 11,3°, branche de 4 cm de diamètre, et branchette de 0,5 cm Ø: 10°, 10,5°, 10,8°, 10,5°).

En résumé, on peut dire qu'il n'existe pas encore de système de lutte idéal et standardisé. Il s'agit d'un mal dont on cherche à limiter les effets le mieux possible selon les conditions locales, ceci en couvrant, chauffant ou arrosant les plantes ou encore par brassage d'air à l'aide de ventilateurs. Le chauffage à l'aide de chauffelettes à mazout exige 120 à 200 chauffelettes par ha selon le type; elles consomment de 1,5 à 2,5 l de mazout par heure. Les chauffelettes géantes «Frostguard» se posent à raison de 4 à 6 à l'ha; elles consomment 35—40 l de mazout par heure et chauffelette. Le gain de température est de 1 à 4° C selon la proximité des végétaux. (Défense des cultures arboricoles contre le gel à l'aide de chauffelettes californiennes et appareils «Frostguard». R. Galloy, M. Staehelin et J. Jenny, Annuaire agr. de la Suisse 1951, p. 903.) Le chauffage à l'aide d'émetteurs électriques à

radiations infra-rouges est intéressant. Il peut être automatisé mais exige une quantité d'énergie considérable (Rev. Romande agr. vict. arbor. 1954, no. 5). L'arrosage permet des gains de température intéressants pouvant aller jusqu'à 7° C, donc efficaces, le répartition étant régulière. Il nécessite une installation d'arrosage, soit un investissement important de capitaux. Cependant, dans bien des régions, elle peut être combinée en installation d'arrosage d'été, ou cette dernière être simplement complétée. Les installations de sulfatage direct peuvent être partiellement utilisées si la tuyauterie n'est pas trop étroite et en augmentant le débit à l'aide de la pression, si faire se peut. La mise en service est rapide, simple et peut être automatisée à l'aide de thermomètres à contact et anémomètre. La consommation d'eau n'est que de quelques mm de chute par h selon l'intensité du froid. Les résultats sont encourageants, mais, comme pour toute nouveauté, les essais d'adaptation se poursuivent.

Les photos ont été mises aimablement à disposition par la Fabrique de machines Aecherli S.A., Reiden.

Contrat de faveur avec l'Ass. suisse de propriétaires de tracteurs

**Bien
conseillé**

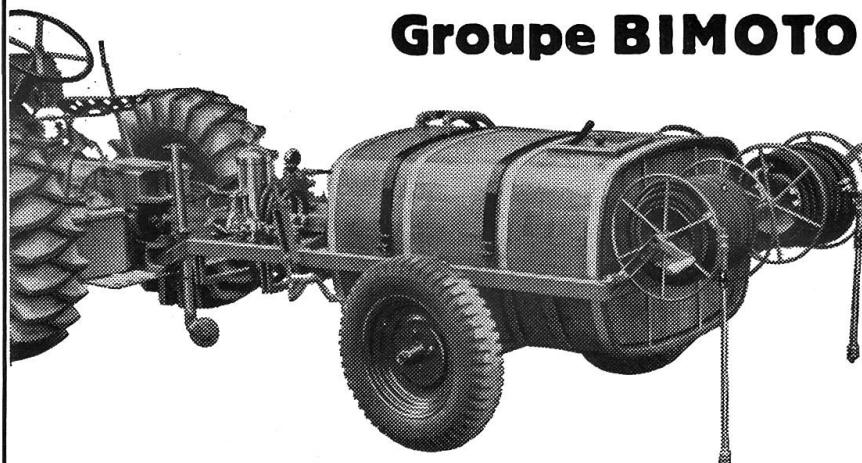


**Bien
assuré**

Pl. Benjamin-Constant 2 Lausanne

Renseignements par 16 agences générales dans toute la Suisse

Groupe BIMOTO



montage pour tracteur avec châssis porteur: prêt à être monté sur tous les tracteurs avec équipements normalisés. Propriétaires de tracteur, pour vous la meilleur marché et la plus simple des motopompes combinées.

Le rêve de beaucoup d'agriculteurs.

BIRCHMEIER & CIE. S.A. KÖNTEN/AG