



HAL
open science

Étude des gelées tardives en relation avec les problèmes de reboisement

G. Aussenac

► **To cite this version:**

G. Aussenac. Étude des gelées tardives en relation avec les problèmes de reboisement. *Annales des sciences forestières*, 1973, 30 (2), pp.141-155. <10.1051/forest/19730203>. <hal-00882078>

HAL Id: hal-00882078

<https://hal.science/hal-00882078v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

ÉTUDE DES GELÉES TARDIVES EN RELATION AVEC LES PROBLÈMES DE REBOISEMENT

G. AUSSENAC

avec la collaboration technique de J. M. DESJEUNES et F. WILLM

*Station de Sylviculture et de Production,
Centre national de Recherches forestières, I.N.R.A.,
Champenoux 54370 Einville*

RÉSUMÉ

Les gelées tardives constituent dans certains cas un handicap important pour le reboiseur. Les dégâts varient suivant les régions.

Dans cette étude, l'analyse des données climatiques fait ressortir pour 15 stations le risque de gelée suivant les dates prises en considération dans la période du 11 mars au 21 juin (Tableau 1). Le risque de dégâts pour les arbres n'est pas forcément calqué sur la fréquence des gelées, car il faut tenir compte de la phénologie des espèces et de leur seuil de résistance. La confrontation (figures 3 et 4) du nombre d'années de gelée sur 100 ans après une certaine date et de la somme de température nécessaire pour atteindre le débourrement (stade b 2 — b 3) permet de préciser les dégâts. Les espèces considérées sont : *Abies alba*, *Pseudotsuga menziesii* et *Picea abies*. Le tableau 3 donne le pourcentage d'années présentant des dégâts de gelées pour les trois espèces précédentes dans les différentes stations. Il est ainsi possible pour le reboiseur de connaître les risques encourus dans les plantations.

Le gain de tardiveté nécessaire pour obtenir des risques de dégâts faibles (10 années sur 100) montre que pour le Sapin pectiné la voie génétique ne permettra pas de régler ce problème et qu'il faudra faire intervenir des techniques sylvicoles de lutte contre les gelées tardives. Pour le Douglas et l'Épicéa, l'amélioration génétique devrait permettre de régler le problème dans la plupart des stations.

La connaissance plus précise des lois qui règlent les phénomènes de débourrement et la résistance des bourgeons aux gelées permettra d'améliorer dans l'avenir, les résultats de ce travail.

I. — INTRODUCTION

Les gelées tardives constituent en France un handicap important pour les reboiseurs. En effet, un certain nombre d'essences (Sapin pectiné, Douglas, Épicéa par exemple) débourrant « précocement » peuvent avoir leurs bourgeons terminaux de la flèche détruits. L'élongation est ralentie et par voie de conséquence le nombre de dégageement nécessaire est augmenté. Dans certains cas, le résultat peut être la mort de l'arbre après plusieurs années de gelées.

Les dégâts varient suivant les régions. Pour une espèce donnée, le risque de dégâts dépend de la probabilité de gelée et de la période de débourrement. A partir de ces données de base, il devrait être possible de juger des possibilités d'utilisation d'une essence déterminée, d'estimer l'avantage d'utiliser des techniques sylvicoles de protection (AUSSENAC, 1970) ou bien d'évaluer l'intérêt de sélectionner du matériel végétal à débourrement tardif (sélection de provenances, sélection individuelle) (1).

C'est une approche de ce type qui est tentée dans le présent travail.

II. — MÉTHODES ET DONNÉES UTILISÉES

L'étude entreprise porte sur 15 stations climatologiques de la Météorologie Nationale, choisies en fonction de l'intérêt qu'elles présentaient pour les problèmes de reboisement (figure 1).

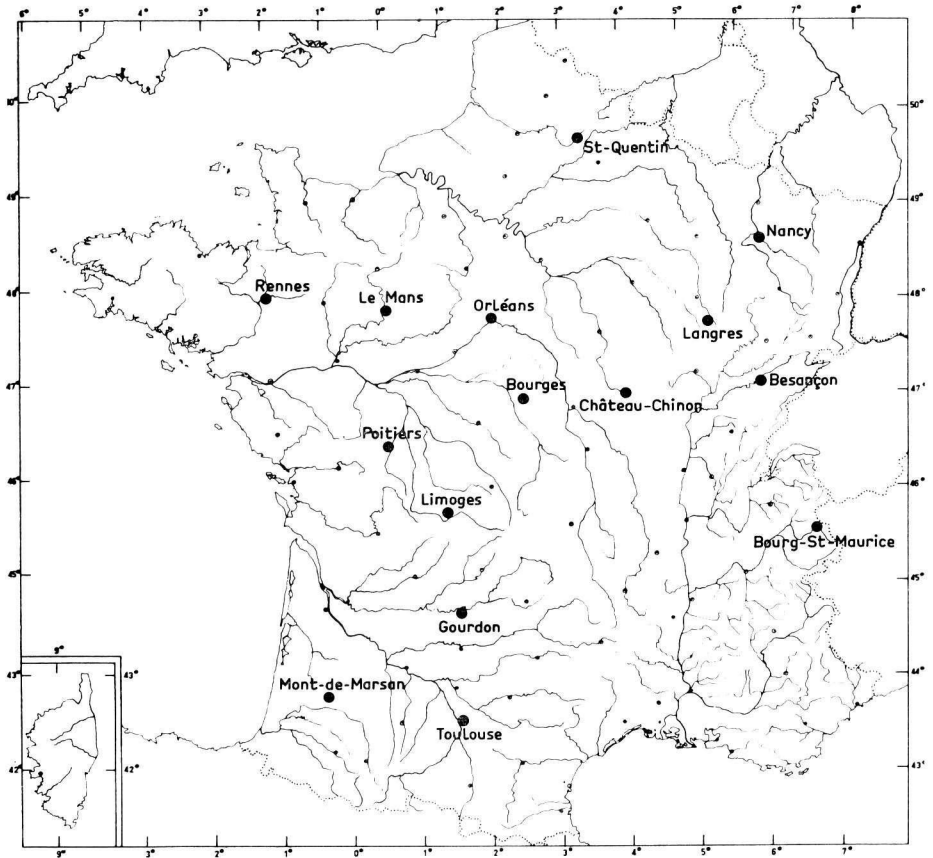


FIG. 1. — Répartition des stations étudiées

FIG. 1. — Localization of the studied climatological stations

(1) Le caractère débourrement a une bonne stabilité phénotypique. Il est transmissible dans l'espace et le temps.

Les séries d'observations retenues s'étendent de 1950 à 1970 pour la période du 11 mars au 21 juin. Il s'agit des températures minimales relevées sous abri à 2 m de hauteur au-dessus du sol. Il aurait été plus intéressant d'utiliser les indices actinothermiques. En effet, en ce qui concerne les dégâts de gelée, c'est la température subie par le bourgeon qui doit être considérée. En phase de refroidissement par rayonnement, les organes végétaux présentent des températures inférieures à celle de l'air ambiant. L'écart peut atteindre jusqu'à 2 °C. Les études effectuées (GESLIN, 1939) ont montré que la température d'un bourgeon, par exemple, pouvait être évaluée correctement à l'aide d'un thermomètre à minima placé dans les mêmes conditions. BRAZIER et EBLE (1934) ont proposé de donner à la température relevée sur un thermomètre placé à l'air libre le nom d'indice actinothermique.

Malheureusement, les données relatives aux indices actinothermiques n'étaient pas disponibles. Les observations effectuées à Nancy (AUSSENAC, 1968) montrent que des dégâts sont certains pour les résineux (Sapin, Douglas, Épicéa) quand les indices actinothermiques au niveau des bourgeons sont de l'ordre de $-3,0^{\circ}$ à $-4,0^{\circ}$ °C. L'expérience prouve également que pour des températures sous abri de 0 °C, les indices actinothermiques sont souvent voisins de $-3,0^{\circ}$ °C à 40 cm sur sol gazonné. Ainsi le seuil de 0 °C sous abri est intéressant, puisqu'il permet d'approcher les risques de gelée pour des plants dont le bourgeon terminal de la flèche se situe à 40 cm au-dessus du niveau effectif du sol ou de la végétation. L'indice actinothermique à un niveau donné dépend de l'état du sol : enherbement, labour, et de la situation topographique (GESLIN, 1958; BOUCHET, 1965), mais il était impossible dans ce travail de prendre en considération les fluctuations microclimatiques. Par ailleurs, l'importance des dégâts dépend de l'état de développement végétatif du plant qui détermine la sensibilité à l'abaissement de température. Le seuil de résistance diminue d'autant plus que le stade phénologique est avancé (1); bien que des variations puissent être notées, les dégâts les plus importants sont à attendre pour des bourgeons présentant des aiguilles partiellement ou totalement libérées (AUSSENAC, 1968). Le débourrement se situe précisément au moment où les bourgeons présentent des aiguilles partiellement libérées (stade b 2 — b 3).

Les gelées résultent de deux types de phénomènes qui, selon les cas, prennent une importance relative différente :

— refroidissement général de l'atmosphère par l'arrivée d'une masse d'air froide.

— refroidissement nocturne accru par rayonnement net intense dû à une grande transparence de l'atmosphère (faible hygrométrie, absence de nuage) et par une faible vitesse du vent. Les gelées tardives sont généralement de ce type. C'est là que l'on observe le plus grand écart entre la température sous abri et l'indice actinothermique.

Dans cette étude, c'est la résultante des deux types qui est prise en considération.

III. — RÉSULTATS

3.1. — *Fréquence des gelées tardives*

Le tableau 1 indique, pour les différentes stations étudiées (2), le nombre d'années pour lesquelles des températures égales ou inférieures à un certain seuil (0 °C, -3° °C et -6° °C) ont été atteintes après une date déterminée. Ce tableau (3) donne les chiffres absolus et les pourcentages correspondants. St-Quentin et Rennes n'ont pratiquement pas de température inférieure à -6° °C après le 11 mars. Par contre, à Nancy, après le 11 avril, 5 % des années ont présenté des températures inférieures à -6° °C. Après le 1^{er} mai, les années à gelées égales ou inférieures à 0 °C sont encore très fréquentes à Limoges (67 %), Nancy (52 %), Le Mans (48 %), Bourg-St-Maurice (48 %). Le Mans présente une fréquence des gelées plus élevée que Orléans, Rennes, et Bourges. Au-delà du 21 mai, 10 % des années ont eu des gelées ($\theta \leq 0^{\circ}$ °C) à St-Quentin et Limoges, 5 % à Château-Chinon, Nancy, Bourg-St-Maurice, Gourdon, Bourges, Orléans, Rennes et Le Mans.

(1) Ceci est surtout vrai pour les stades de débourrement.

(2) Stations classées selon les différents groupes de la Météorologie Nationale.

(3) Des documents plus détaillés peuvent être mis par l'auteur à la disposition des lecteurs.

Afin de préciser les données précédentes, nous avons calculé (tableau 2) le nombre moyen de jours de gelée ($\theta \leq 0$ °C) après une certaine date. Sur 21 ans, on observe en moyenne 1 gelée par an après le 21 avril dans toutes les stations étudiées, sauf à Gourdon, Bourges, Rennes, Poitiers, Mont-de-Marsan et Toulouse.

Après le 1^{er} mai, seules les stations de Nancy (0,9), Bourg-St-Maurice (0,8), Limoges (1,3) présentent 1 gelée par an. Au-delà du 11 mai, le nombre de gelée est très réduit.

TABLEAU 2

Nombre moyen de jours de gelées par an après une date donnée ($\theta \leq 0$ °C)
(Moyenne des années 1950 à 1970)

Average number of frost days ($\theta \leq 0$ °C) after a certain day

Station \ Date	11/3	21/3	1/4	11/4	21/4	1/5	11/5	21/5	1/6	11/6	21/6
Saint-Quentin	8,1	5,4	3,5	2,1	1,0	0,4	0,1	0,1	0	0	0
Château-Chinon	10,7	7,6	5,0	2,6	1,0	0,2	0*	0*	0	0	0
Langres	10,3	7,0	4,4	2,4	0,8	0,2	0	0	0	0	0
Nancy	14,3	9,9	6,6	4,3	2,3	0,9	0,2	0*	0	0	0
Besançon	8,0	5,2	3,1	1,7	0,8	0,3	0	0	0	0	0
Bourg-Saint-Maurice	15,3	10,6	6,9	4,0	1,9	0,8	0,2	0*	0	0	0
Gourdon	6,0	3,7	2,2	1,1	0,4	0,1	0*	0*	0	0	0
Limoges	13,2	10,1	7,2	5,0	2,9	1,3	0,5	0,1	0	0	0
Bourges	5,5	3,3	1,6	0,7	0,2	0,1	0*	0*	0	0	0
Orléans	9,7	6,7	4,2	2,5	1,1	0,4	0,1	0*	0	0	0
Rennes	4,7	3,2	1,6	0,7	0,1	0,1	0*	0*	0	0	0
Le Mans	9,0	6,5	4,4	2,7	1,3	0,6	0,2	0*	0	0	0
Poitiers	6,7	4,7	2,7	1,4	0,5	0,1	0	0	0	0	0
Mont-de-Marsan	7,7	5,4	3,4	1,7	0,4	0*	0*	0	0	0	0
Toulouse	4,4	2,5	1,6	0,9	0,2	0	0	0	0	0	0

* Les astérisques indiquent les stations et les dates après lesquelles il n'y a eu qu'une seule journée de gelée en 21 ans, soit 0,04 journée en moyenne.

La figure 2 permet de voir que la diminution du nombre moyen de jours de gelée (1) par an peut être plus ou moins rapide selon les stations et qu'ainsi la diminution du risque de gelée est variable.

(1) Signalons que un nombre moyen de 2 gelées par an (par exemple) ne signifie pas qu'il gèle tous les ans : il peut correspondre à 10 années de gelées sur 20 avec une moyenne de 4 gelées les années gélives.

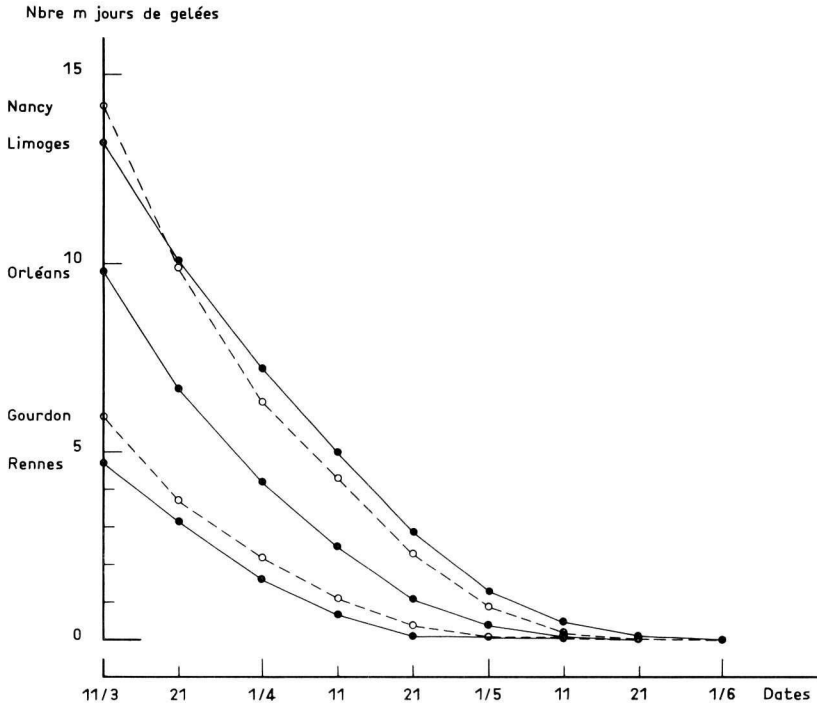


FIG. 2. — Évolution du nombre moyen de jours de gelées ($t \leq 0$ °C) se produisant après une certaine date
 FIG. 2. — Number of frost days ($t \leq 0$ °C) after a certain day

3.2. — Risques de gelées et dégâts réels

La fréquence des gelées est une donnée essentielle, mais elle doit être complétée par la connaissance de l'état phénologique de l'essence ou de la provenance considérée.

La température a une action importante sur l'évolution des plantes et l'élévation des températures au printemps est un des facteurs déterminants du débourrement et de la croissance des arbres. Plusieurs chercheurs ont utilisé les sommes de températures au-dessus d'un seuil déterminé pour caractériser les différents états de développement d'une plante. Ainsi que le notent BROCHET, DURAND et GERBIER (1971), l'utilisation de ce critère doit être faite avec précaution. Un obstacle important est la détermination du seuil d'action. Dans ce travail, en l'absence de données précises, les chiffres avancés pour les arbres fruitiers (BIDABE, 1967) ont été pris en considération et le seuil retenu est de 2 °C. La somme de températures nécessaire pour atteindre un état de développement (le débourrement par exemple) permet de caractériser ce stade phénologique. La confrontation de la fréquence des gelées et de la somme des températures nécessaires pour atteindre le débourrement permet de juger du risque de dégâts.

Dans cette étude, nous ne disposons pas malheureusement des sommes de températures correspondant aux différentes essences et provenances utilisées en reboisement. Aussi dans la

suite du texte, pour 3 exemples, avons-nous déterminé de façon empirique ces valeurs à l'aide d'observations faites à Nancy :

Espèce	Débourrement estimé moyen (1)	Somme de température (en degrés jour)
<i>Abies alba</i> Miller, provenance Écouves II	5 mai	490
<i>Picea abies</i> (L) Karsten, provenance La Joux	15 mai	600
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco, provenance Farges III	10 mai	540

Nous avons admis que la levée de dormance s'effectuait sensiblement pendant la même période et pris comme date initiale de sommation le 1^{er} janvier. La moyenne des sommes de températures a été calculée sur la période 1949-1967 (BROCHET, DURAND, GERBIER, 1971).

La somme de températures qui est prise en compte ici correspond à la valeur de températures moyennes cumulées du 1^{er} janvier à la date considérée pour une période de 19 ans, mais la somme de température correspondant au débourrement moyen est la moyenne des sommes de températures calculées pour les différentes dates de débourrement. Ainsi, il peut y avoir un écart entre la valeur vraie et la valeur considérée ici. A l'heure actuelle, il est impossible de préciser son importance, mais il est très probable que cet écart est quand même faible.

Les figures 3 et 4 donnent le nombre d'années (en %) de gelée ($\theta \leq 0$ °C), en fonction des sommes de températures atteintes. Les dates correspondantes sont portées en abscisse. Ce nombre d'années caractérise alors le risque de dégâts.

Les courbes obtenues traduisent le complexe bioclimatique qui caractérise chaque station du point de vue des gelées. Si l'on utilise les sommes de 490, 540 et 600 degrés jours comme repères du débourrement, respectivement du Sapin pectiné, du Douglas et de l'Épicéa, on remarque que les stations présentent les nombres suivants d'années de gelées sur 100 ans (tableau 3).

Le risque de dégâts est élevé pour le Sapin dans la plupart des stations, sauf à Château-Chinon, Langres, Bourg-St-Maurice. Pour le Sapin de Douglas et de l'Épicéa, le risque est plus faible. Les régions dangereuses sont, par ordre croissant pour :

— *Le Sapin pectiné* : Besançon, Bourges, Orléans, Nancy, Rennes, Poitiers, Gourdon, Le Mans, Limoges.

— *Le Douglas* : St-Quentin, Bourges, Nancy, Orléans, Rennes, Poitiers, Toulouse, Gourdon, Le Mans, Mont-de-Marsan, Limoges.

— *L'Épicéa* : Poitiers, Gourdon, Le Mans, Limoges.

(1) Il s'agit ici du débourrement moyen du bourgeon (terminal de la flèche pour de jeunes arbres (4 à 12 ans).

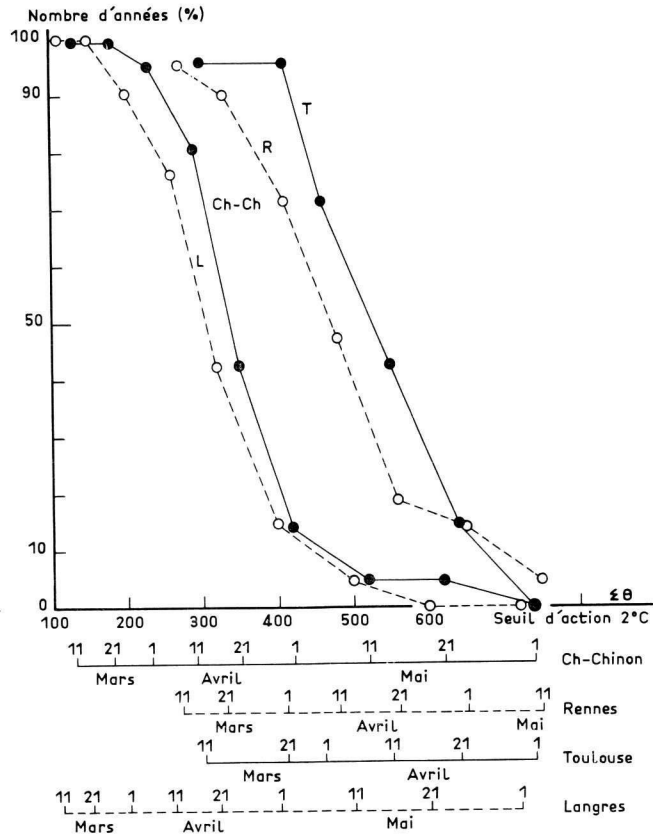
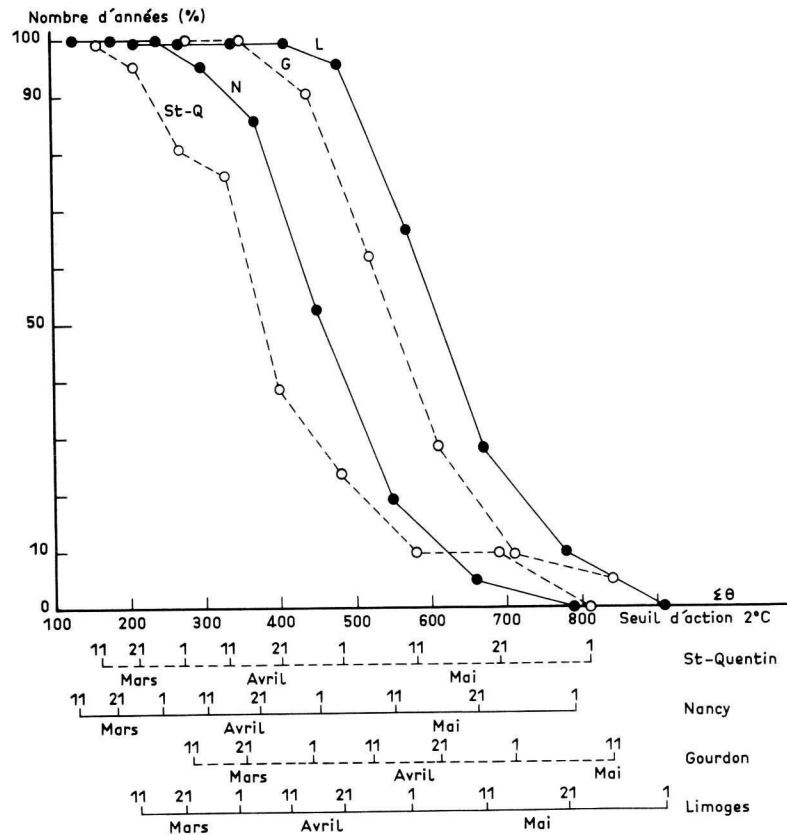


FIG. 3. — Nombre d'années avec gelées ($\theta \leq 0$ °C) sur 100 ans après qu'une certaine somme de température soit atteinte

FIG. 3. — Number of years (in 100 years) with frost days ($\theta \leq 0$ °C) occur after a certain heat accumulation

TABLEAU 3

Nombre d'années avec gelées ($t \leq 0$ °C) sur 100 ans pour des sommes de températures correspondant au débourrement du Sapin pectiné, du Douglas et de l'Épicéa commun

Average number of years with frost days ($t \leq 0$ °C) for various heat accumulations

Stations	Somme de température (degrés jours)		
	490	540	600
Saint-Quentin	23,5	16,0	9,5
Chateau-Chinon	7,5	4,5	4,5
Langres	5,5	2,0	0,0
Nancy	39,0	22,0	12,0
Besançon	25,0	14,0	3,0
Bourg-Saint-Maurice	8,0		
Gourdon	74,0	56,0	33,0
Limoges	91,5	76,0	55,5
Bourges	29,0	20,5	13,0
Orléans	35,5	24,0	13,0
Rennes	45,0	28,5	7,0
Le Mans	84,5	70,0	47,5
Poitiers	47,0	28,5	15,5
Mont-de-Marsan	91,5	76,0	55,0
Toulouse	63,0	46,0	25,0

TABLEAU 4

Sommes de températures et dates atteintes pour n'avoir que 10 années de gelée sur 100 ans
Heat accumulations and day for ten years with frost days in 100 years

Stations	Somme de température Date		Stations	Somme de température Date	
Saint-Quentin	585	11 mai	Bourges	595	30 avril
Château-Chinon	—	—	Orléans	620	9 mai
Langres	—	—	Rennes	695	6 mai
Nancy	615	17 mai	Le Mans	760	15 mai
Besançon	560	6 mai	Poitiers	625	1 mai
Bourg-Saint-Maurice	—	—	Mont-de-Marsan	765	29 avril
Gourdon	710	30 avril	Toulouse	670	24 avril
Limoges	775	21 mai			

Le tableau 4 donne les sommes de températures atteintes et les dates correspondantes pour avoir seulement 10 années de gelées sur 100 ans (risque faible). Les valeurs obtenues sont variables selon les stations. A Nancy, on relève 615⁰ au 17 mai, soit un écart de débourrement de 12 jours pour le Sapin pectiné, 7 jours pour le Douglas et 2 jours pour l'Épicéa. Mais à Limoges, pour le même risque, ces écarts sont respectivement de 29 jours, 25 jours et 16 jours.

Afin de mieux cerner ce problème du risque de dégâts, nous avons pris comme seuil de gelée la températures de + 1 °C sous abri. Nous avons alors calculé en fonction des sommes de températures nécessaires au débourrement le nombre d'années de gelées ($\theta \leq 1$ °C) sur 100 ans (tableau 5). Les pourcentages sont élevés (> 10 %) dans toutes les stations, sauf à Langres et Château-Chinon. Il est probable que dans de beaucoup de cas, les valeurs données dans ce dernier tableau sont trop élevées. Mais, dans les régions où le poste pris en référence est peu représentatif (risques plus élevés en dehors des zones urbaines où sont installées les stations climatologiques) ces données approcheront peut-être la réalité de plus près. Elles permettront de toute façon, dans l'avenir, par la confrontation avec les dégâts observés de présenter un modèle plus précis.

Le relèvement thermique printanier que reflètent les différentes sommes de température (tableau 6) est par ordre croissant de tardiveté le suivant : Mont-de-Marsan, Toulouse, Gourdon, Rennes, Poitiers, Bourges, Le Mans, Limoges, Orléans, Besançon, St-Quentin, Nancy, Château-Chinon, Langres, Bourg-St-Maurice. La vitesse du relèvement thermique est en partie responsable des risques de dégâts.

TABLEAU 5

Nombre d'années avec gelées ($\theta \leq + 1^{\circ}\text{C}$) sur 100 ans pour des sommes de températures correspondant au débourrement du Sapin pectiné, du Douglas et de l'Épicéa commun

Average number of years with frost days ($\theta \leq + 1^{\circ}\text{C}$) for various heat accumulations

Stations	Somme de température (degrés jours)		
	490	540	600
Saint-Quentin	47,6	28,6	19,1
Château-Chinon	19,1	9,5	9,5
Langres	14,3	9,5	4,7
Nancy	57,1	33,3	23,8
Besançon	61,9	28,6	14,3
Bourg-Saint-Maurice	19,1	19,1	14,3
Gourdon	95,4	90,4	66,6
Limoges	100,0	90,4	71,4
Bourges	66,6	47,6	33,3
Orléans	76,2	52,3	28,5
Rennes	76,2	47,6	38,1
Le Mans	90,4	90,4	57,1
Poitiers	80,9	61,9	47,6
Mont-de-Marsan	100,0	100,0	95,4
Toulouse	85,7	66,6	33,0

TABLEAU 6

Dates auxquelles sont atteintes différentes sommes de température (1) dans les stations étudiées
Days when different heat accumulations occur in the studied climatological stations

Station \ $\Sigma\theta$	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°
Saint-Quentin	22/2	20/3	7/4	21/4	3/5	12/5	22/5	31/5	8/6
Château-Chinon	1/3	26/3	13/4	28/4	9/5	19/5	28/5	6/6	14/6
Langres	8/3	31/3	18/4	1/5	11/5	21/5	30/5	8/6	15/6
Nancy	27/2	25/3	11/4	25/4	6/5	15/5	24/5	2/6	9/6
Besançon	23/2	19/3	4/4	18/4	30/4	9/5	18/5	26/5	3/6
Bourg-Saint-Maurice	14/3	4/4	21/4	3/5	14/5	23/5	31/5	9/6	16/6
Gourdon	31/1	25/2	14/3	27/3	8/4	20/4	30/4	8/5	16/5
Limoges	9/2	9/3	27/3	10/4	22/4	5/5	14/5	23/5	31/5
Bourges	9/2	8/3	25/3	8/4	20/4	1/5	10/5	18/5	26/5
Orléans	13/2	13/3	30/3	14/4	26/4	7/5	16/5	25/5	2/6
Rennes	31/1	25/2	16/3	31/3	14/4	25/4	6/5	15/5	23/5
Le Mans	5/2	5/3	23/3	7/4	20/4	1/5	10/5	19/5	27/5
Poitiers	4/2	3/3	20/3	4/4	16/4	28/4	8/5	16/5	25/5
Mont-de-Marsan	27/1	19/2	8/3	21/3	2/4	13/4	23/4	2/5	10/5
Toulouse	29/1	23/2	12/3	25/3	6/4	17/4	27/4	6/5	14/5

IV. — CONCLUSIONS ET DISCUSSION

Les gelées tardives constituent dans certains cas un obstacle important en foresterie. Elles se font sentir dans toute la France. L'analyse des données climatiques fait ressortir pour les stations étudiées le risque de gelée suivant les dates prises en considération dans la période du 11 mars au 21 juin.

Mais en fait, le risque de dégâts pour la végétation n'est pas forcément calqué sur la fréquence des gelées, car il faut tenir compte aussi de la phénologie des espèces et de leur seuil de résistance (DURAND, 1965). La confrontation du nombre d'années de gelée et de la somme de température nécessaire pour atteindre le stade de débourrement considéré comme le plus sensible aux gelées, permet de préciser les risques de dégâts. Dans le cas présent, des

(1) Seuil de sommation + 2° C.

hypothèses ont été faites en particulier sur la somme moyenne de températures et le seuil d'action. Il serait nécessaire de disposer dans l'avenir de données plus précises pour améliorer l'analyse entreprise ici. Cependant, malgré ces hypothèses, les informations retirées de cette étude sont intéressantes. Le tableau 4 montre que Limoges présente la date la plus tardive : 21 mai, pour un risque faible de dégâts (10 années de gelée sur 100 ans). Si l'on prend en considération cette date, on remarque qu'avec un gain de tardiveté mesuré à Nancy de 16 jours, les risques de dégâts sont considérablement diminués pour le sapin, puisqu'ils sont inférieurs ou égaux à 10 % dans toutes les stations étudiées. Si le gain de tardiveté calculé à Nancy est de 12 jours, ce niveau de 10 % est atteint dans 9 des 15 stations considérées (St-Quentin, Château-Chinon, Langres, Nancy, Besançon, Bourg-St-Maurice, Bourges, Orléans, Poitiers). Des gains de tardiveté (à Nancy) de 11 jours pour le Douglas et 6 jours pour l'Épicéa ⁽¹⁾ devraient permettre d'abaisser le risque de gelée à 10 % pour toutes les stations étudiées dans ce travail. En raison de la faible variabilité de la date de débourrement des différentes provenances (8 jours au maximum à Nancy. ARBEZ, communication personnelle) ⁽²⁾ et de l'écart de somme de températures, nécessaire pour diminuer véritablement le risque de dégâts, le Sapin pectiné apparaît en situation « limite » dans un certain nombre de régions. Dans ces zones : Besançon, Nancy, Rennes, Orléans, Gourdon, Le Mans, Poitiers, Limoges, il est nécessaire durant les premières années de l'installation de mettre en œuvre des techniques sylvicoles propres à diminuer le risque de dégâts : contrôle de la strate herbacée, utilisation de l'abri latéral (coupe par trouée), travaux permettant la circulation et l'écoulement de l'air froid (AUSSENAC, 1970).

En ce qui concerne le Douglas et l'Épicéa, la recherche de matériel végétal à débourrement tardif doit permettre de diminuer fortement le risque de dégâts de gelée dans les régions les plus dangereuses. L'utilisation des techniques sylvicoles de lutte passive dont il a été fait état précédemment, peuvent aussi aider à diminuer le risque de gelée. Les exemples choisis ici montrent tout l'intérêt de ce type d'étude. Bien sûr, il faudra, dans l'avenir, préciser davantage les phénomènes. En effet, d'une part le débourrement des individus d'une essence ne s'effectue pas simultanément, mais présente une certaine variabilité autour de la moyenne, et d'autre part, des facteurs locaux d'aggravation des gelées peuvent intervenir de façon décisive, de même d'ailleurs que la dynamique du refroidissement de l'air qui fait que pour la même température minimale, il puisse y avoir ou non des dégâts.

Reçu pour publication en mai 1973.

REMERCIEMENTS

La plupart des calculs ont été effectués par la Station de Biométrie du C.N.R.F. Je remercie le personnel de ce service et tout particulièrement Monsieur C. MILLIER.

(1) En ce qui concerne l'Épicéa, il semble que la provenance considérée dans cette étude soit tardive (LACAZE, communication personnelle). Par rapport à une provenance moyenne, le gain de tardiveté doit être augmenté.

(2) Ceci pour les provenances françaises. Bien sûr, l'écart en jours varie suivant les années.

SUMMARY

LATE FROSTS IN SPRING AND PLANTINGS

In certain areas young seedlings are sometimes injured by late frosts in spring. Damages vary according to the sites.

In this study we calculated frost risks at different dates (between 11 th March and 21 th June) for 15 sites. (Table 1).

Risks of damages do not necessary correspond to the frost frequency, because of the phenology of the species and their limits of frost resistance.

Taking into account the number of years during which frost occurred after a given date and the sum of temperature necessary for bud break (stade b2 — Stade b3) allows the calculation of damage risks for *Abies alba*, *Pseudotsuga* and *Picea abies*.

The frequency of damages for the above mentioned species at different sites are indicated in table 3.

It is thus possible to know often young stands may be injured by late frosts.

For *Abies alba* it is shown that there is no hope of reducing much the risk of damages (less than ten times damages in a century) by selecting trees with late bud break. Only silvicultural methods are helpful in this case.

But for Douglas and Spruce, tree selection might be successful. A better knowledge of the bud break control, and bud resistance to frost might help in the future to further improve the results given here.

ZUSAMMENFASSUNG

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE SPÄTFROSTGEFAHR IM ZUSAMMENHANG
MIT AUFFORSTUNGSPROBLEMEN

Die Spätfröste können bei Aufforstungen in bestimmten Gebieten mitunter beträchtliche Schäden verursachen.

In der vorliegenden Arbeit werden die Klimadaten von 15 regional verschiedenen Stationen untersucht und die Risiken für das Auftreten von Spätfrösten zwischen dem 11. März und dem 21. Juni berechnet (Tab. 1). Das Auftreten von Spätfrostschäden hängt nicht nur von der Häufigkeit der Fröste ab sondern auch von der Phänologie und den Schwellwerten der Frostempfindlichkeit der verschiedenen Holzarten. Die Gegenüberstellung der Anzahl der Frostjahre innerhalb von 100 Jahren und der zum Austreiben notwendigen Temperatursummen (Stadien b 2 — b 3) erlaubt die Frostgefährdung abzuschätzen. Folgende Holzarten wurden berücksichtigt : *Abies alba*, *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies*. In Tab. 3 sind die in Prozenten ausgedrückten Frostjahre der 15 Klimastationen für die 3 obgenannten Holzarten wiedergegeben und das Risiko von Frostschäden bei Aufforstungen kann abgeschätzt werden.

Es zeigt sich dabei, dass es bei der Tanne forstgenetisch unmöglich sein wird entsprechend spät-treibende Herkünfte zu züchten, um ein Schadenrisiko von 10 % zu erzielen und man muss waldbautechnische Frostschutzmassnahmen treffen. Bei der Douglasie und bei der Fichte kann jedoch die Forstpflanzenzüchtung mit der Auslese entsprechend spätreibender Herkünfte Frostschäden in den meisten Fällen verhindern.

Durch eine tiefgreifendere Kenntnis der Gesetzmässigkeiten die das Austreiben und die Frostresistenz der Knospen regeln könnten die Ergebnisse dieser Arbeit noch verbessert werden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARBEZ M., 1969. — Comportement en pépinière de quelques provenances françaises de sapin. Critique d'une notion traditionnelle le sapin de l'Aude. *R.F.F.* XXI, 5, 353-361.
- AUSSENAC G., 1967. — Observations sur les effets d'une gelée tardive. *R.F.F.* 3, p. 207-211.
- AUSSENAC G., 1970. — Gelées tardives et peuplements forestiers. *R.F.F.* XXII, 4, p. 463-469

- BOUCHET R.J., 1965. — Problèmes des gelées de printemps. *Agricultural meteorology*, **2**, p. 167-195.
- BIDABE B., 1967. — Action de la température sur l'évolution des bourgeons de pommier et comparaison des méthodes de contrôle de l'époque de floraison. *Annales de Physiologie Végétale*, **9** (1), p. 65-86.
- BROCHET N., DURAND R., GERBIER N., 1971. — Recueil de données agroclimatologiques. Sommes de température. *Monographie 83* de la Météorologie Nationale, p. 144.
- DURAND R., 1965. — Le risque de gelée, application aux poiriers dans la région parisienne. *Phytoma*, novembre 35-41.
- GARNIER M., 1954. — Contribution à l'étude des gelées en France. *La Météorologie*, décembre, p. 369-378.
- GESLIN H., 1939. — La lutte contre les gelées et les seuils de résistance des principales cultures fruitières. *Annales des Épiphyties*, **V**, **1**, p. 7-19.
- GESLIN H., 1958. — Situations gelives. *Bulletin Technique d'Information*, **135**, p. 12.
- GODARD M., NIGOND J., 1954. — Les gelées de printemps à l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier. *La Météorologie*, décembre, p. 320-344.
-