

Cette rubrique est dirigée par

H. DABURON

Ingénieur du G.R.E.F.

Chef de la Division cynégétique
Centre Technique Forestier

Domaine des Barres
45 - NOGENT-SUR-VERNISSON

biologie et forêt

GELÉES TARDIVES ET JEUNES PEUPELEMENTS FORESTIERS

G. AUSSENAC

Class. Oxford 422.12 : 23

Les gelées de printemps peuvent constituer dans certaines régions un grave handicap pour les régénérations naturelles ou artificielles. Dans le cas des régénérations naturelles, le forestier essaye de lutter contre les risques de gelées en n'enlevant que progressivement le vieux peuplement pour conserver aux jeunes semis un abri. Quand il s'agit de régénérations artificielles plusieurs techniques sont possibles, la tendance actuelle, dictée par des considérations économiques, étant aux plantations à plein découvert après coupe rase : rien n'est alors prévu pour diminuer le risque de gelée.

Notre propos sera, après avoir rappelé les données du problème des gelées tardives, de montrer que certaines techniques, que l'on pourrait qualifier de « passives », peuvent être souvent utilisées, pour diminuer les risques de dégâts.

LE PROBLEME DES GELEES TARDIVES

Il a été étudié depuis quelques années en France (SELTZER, 1935 ; GESLIN, 1949 ; BOUCHET, 1965), comme à l'étranger (GEIGER 1950), et ses modalités sont maintenant connues.

Le refroidissement nocturne de la température

Le sol et les végétaux qu'il porte, échangent continuellement de l'énergie avec le milieu ambiant. Dans la journée le bilan radiatif est positif, les apports d'énergie étant supérieurs aux pertes.

La nuit (1), c'est le contraire : le rayonnement solaire direct et diffus a disparu ; seul existe dans le même sens le rayonnement atmosphérique, inférieur au rayonnement inverse du sol et des végétaux. Le bilan sera d'autant plus négatif que le ciel sera dégagé de tout nuage, et que l'air sera sec et calme. En effet l'atmosphère, grâce au CO₂ et à la vapeur d'eau qu'elle contient, absorbe le rayonnement inférieur à 8 μ et supérieur à 13 μ dans le spectre de rayonnement électromagnétique. Au niveau de 10 μ existe une « fenêtre » qui correspond justement au maximum de rayonnement terrestre. C'est alors qu'intervient la nébulosité du ciel, en diminuant les phénomènes de rayonnement.

Il est d'observation courante qu'il n'y a pas de gelée tardive due au rayonnement quand le ciel est couvert.

(1) Le bilan thermique peut s'écrire pour la journée : $R_J = R_S + R_D + R_A - R_R - R_T$

pour la nuit : $R_N = R_A - R_T$

R_S = rayonnement solaire direct

R_D = rayonnement diffus

R_A = rayonnement atmosphérique

R_T = rayonnement terrestre

R_R = rayonnement direct et diffus réfléchi

Les profils thermiques au-dessus du sol

C'est à partir de la surface du sol, et aussi de la surface des végétaux (feuilles, branches) que s'effectue de proche en proche l'échauffement ou le refroidissement de l'air et du sol. Il est ainsi possible de mettre en évidence schématiquement, un profil thermique diurne et un profil nocturne.

1) **Cas du sol nu** : dans la journée la température la plus élevée s'observe au niveau de la surface du sol ; elle diminue quand on s'élève dans l'air ou quand on s'enfonce dans le sol (figure n° 1). Dans la nuit au contraire, la surface du sol présente la température la plus basse. L'importance du refroidissement dépendra alors de l'humidité de l'air et de la présence ou de l'absence de vent. En effet, si le vent souffle, il perturbe le profil thermique par brassage des couches d'air, de plus, il augmente le flux de chaleur venant de l'atmosphère qui compense mieux le rayonnement de la surface du sol.

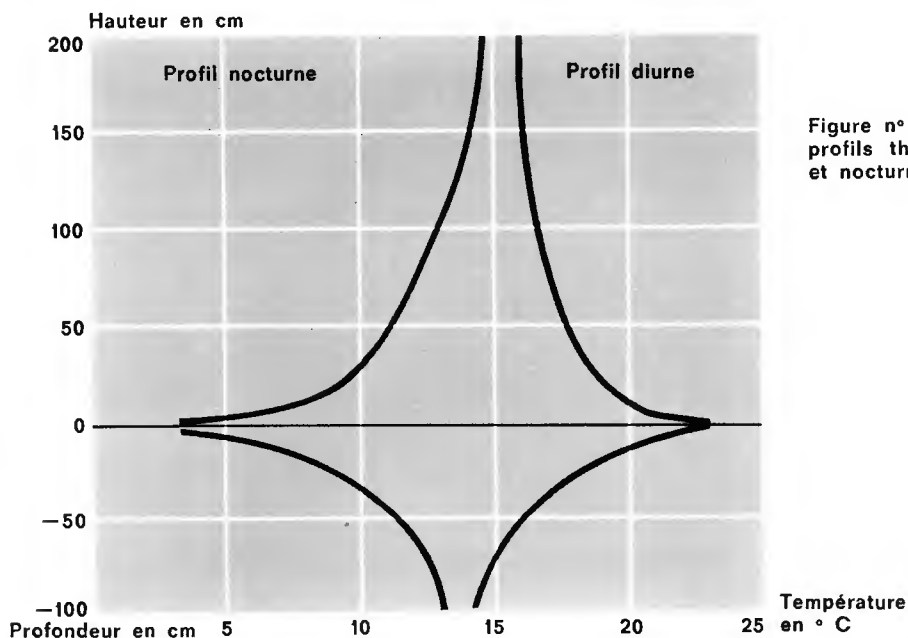


Figure n° 1 - Schéma des profils thermiques diurne et nocturne sur terrain nu.

2) **Cas du sol couvert par une strate herbacée** : il existe également un profil diurne et un profil nocturne. Mais si leurs caractéristiques sont différentes (figure n° 2), c'est d'abord que la strate herbacée est constituée par des végétaux dont les surfaces absorbant et rayonnant l'énergie sont réparties sur une hauteur plus ou moins grande au-dessus du sol, de plus le couvert végétal constitue un obstacle à la pénétration du rayonnement solaire dans la journée. Durant la nuit, l'obstacle joue en sens inverse et intercepte le flux de chaleur venant du sol (GESLIN, 1958), le profil thermique est alors relativement uniforme (rôle de la densité des végétaux et de leur hauteur). La température la plus basse s'observe à la surface supérieure de la strate herbacée : la zone de basse température, qui se situe dans le cas d'un terrain nu à la surface du sol, est remontée en quelque sorte jusqu'au niveau supérieur de la végétation (SELTZER, 1935 ; BOUCHET, 1965). Plus haut la température se relève, mais à niveau égal, les températures seront inférieures à celles que l'on observera en terrain nu.

La comparaison des profils sol nu/sol gazonné (annexe 1, p. 468) montre que le gazon joue le rôle de « plaque isolante » pendant les nuits de gelée. Les températures minimales dans le sol nu sont inférieures à celles que l'on observe aux mêmes profondeurs dans le sol gazonné. Les profils dans l'air sont plus « froids » sur sol couvert de gazon. Dans le cas de la culture de la vigne à Montpellier, GODARD et NIGOND (1954) ont montré que sur sol herbacé une année sur deux était dangereuse, alors qu'en terrain nu (2) la proportion semblable n'était que de 1 sur 7.

(2) Par terrain nu, nous entendons ici un terrain désenherbé mais pouvant porter une plantation ou une culture.

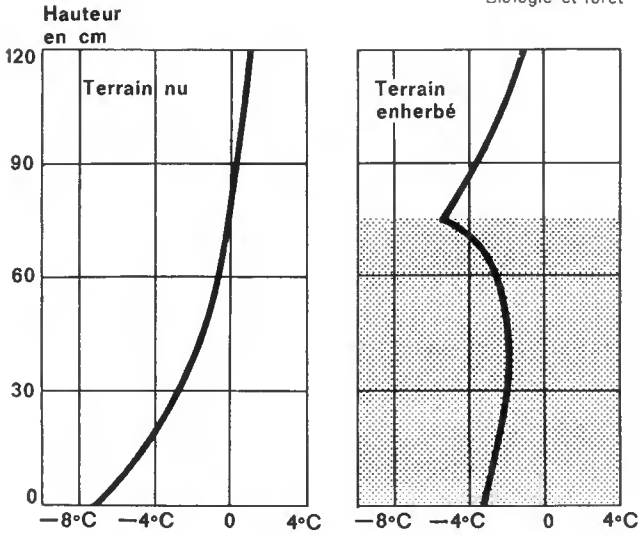


Figure n° 2
 Comparaison schématique des indices actinothermiques en terrain nu et en terrain enherbé.

 Strate herbacée

3) **En forêt** : l'affaire se complique un peu. La nature de l'essence intervient de même que le type de peuplement. En effet, selon que ce dernier sera pluristratifié ou non, les biomasses végétales seront réparties dans tout l'étagement du profil ou bien seront localisées au niveau supérieur et inférieur de la forêt. D'une façon générale, dans la journée, les couronnes des arbres absorbent une partie importante du rayonnement direct et diffus et « chauffent » l'air ambiant : de ce fait, les températures maximales se produisent généralement à leur niveau. Dans la nuit, le refroidissement s'opère : les masses végétales se refroidissant d'autant plus qu'elles rayonnent librement, les températures les plus basses s'observent au niveau des surfaces supérieures des couronnes (SELTZER 1935, AUSSENAC 1967) (figure n° 3). Au niveau du sol l'abaissement de température est généralement moins important car le rayonnement a été freiné par les houppiers. La zone la plus froide qui se situe à hauteur des couronnes, est analogue à celle qui se trouve près du sol sur un terrain nu. En hiver et dans le cas de peuplements feuillus défeuillés, le profil thermique est moins contrasté. Mais sous le couvert, l'influence modératrice de la forêt se fait quand même sentir.

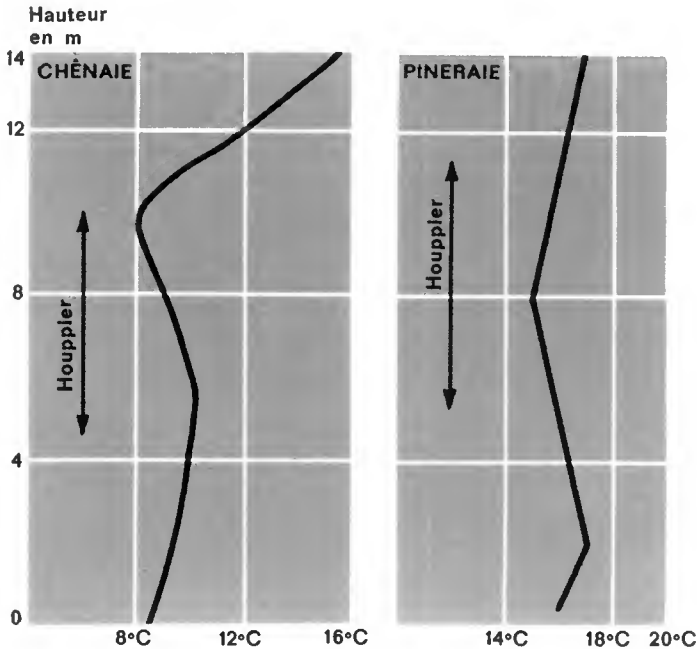


Figure n° 3
 Profil thermique nocturne en forêt, d'après SELTZER (chênaie) et AUSSENAC (pineraie).

Jusqu'ici n'a été considérée que la seule température de l'air. En fait, en ce qui concerne les dégâts causés par les gelées, ce qui compte, c'est la température subie par le bourgeon ou la feuille du végétal. Or, 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 qui ont été effectuées 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 le thermomètre placé ainsi à l'air libre le nom d'indice actinothermique. Ces profils sont valables tant qu'il n'y a pas de vent, sinon il y a isothermie plus ou moins complète.

Les dégâts dus aux gelées tardives dépendent 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, bien que pour des états morphologiquement identiques des différences puissent être notées (AUSSÉNAC 1967). Pour définir la « probabilité de gelée » il faut faire intervenir l'état du développement végétatif de l'essence étudiée. Schématiquement le risque de gelée est une fonction de la température moyenne atteinte à un moment donné et de la probabilité de gelée à la même date.

Les facteurs locaux d'aggravation des gelées

Dans une région donnée la répartition des températures minima peut être conditionnée par des phénomènes d'écoulement d'air le long des pentes et par son accumulation dans les creux. En effet, l'air froid qui se trouve au voisinage du sol est plus dense que l'air des couches supérieures; il a tendance à glisser vers les zones plus basses et à s'y accumuler, s'il ne peut s'en écouler. Différentes observations ont été faites sur ce point par plusieurs auteurs (GELIN, HALLAIRE 1949, SELTZER 1935). Ainsi de faibles dépressions peuvent avoir des effets déterminants sur les gelées. Le rôle important de la plus ou moins grande perméabilité des lisières forestières peut être aussi noté en ce qui concerne les dégâts qui peuvent être observés dans le cas de plantations situées en amont sur un versant.

Les méthodes de lutte contre les gelées

Les différentes méthodes de lutte qui peuvent être envisagées découlent des données que nous venons de rappeler. Il existe des méthodes que l'on peut qualifier d'actives, qui conduisent à mettre en œuvre des moyens matériels puissants. Elles sont couramment utilisées en agriculture, nous n'en parlerons pas ici car elles sont difficilement applicables en foresterie pour des raisons évidentes de rentabilité. Mais par contre, nous nous attarderons davantage sur les techniques passives qui peuvent être utilisées dans la plantation après coupe rase ou en bande. Elles reposent sur l'examen des profils thermiques si différents observés en sol nu ou couvert de végétation, et sur les phénomènes d'écoulement d'air. Bien que des recherches soient encore nécessaires en cette matière, il est possible en se basant sur les diverses études déjà effectuées de faire quelques remarques et de proposer un schéma des conditions différentes dans lesquelles se trouveront des plants installés sur sol nu, et sur sol enherbé ou couvert de broussailles basses (figure n° 4).

En sol nu les indices actinothermiques les plus bas s'observent près du sol, en terrain enherbé ils se situent à la partie supérieure du tapis herbacé donc, à niveau égal au-dessus du sol, les situations sont très différentes et généralement au désavantage du terrain couvert de végétation (annexe 2, p. 469). Un plant enfoui entièrement dans une strate herbacée importante présentera des bourgeons qui seront relativement protégés au départ. De nombreuses observations ont d'ailleurs été faites à ce sujet. Mais dès que le plant va sortir de la végétation ambiante il se trouvera dans de très mauvaises conditions. Nous avons pu étudier ce phénomène en forêt domaniale d'Amance près de Nancy dans une plantation de Sapins pectinés (*Abies alba* Mill.) recouverte par un tapis de ronces. Au moment où les plants ont commencé à émerger des ronces ils ont été gelés et nous avons pu en observer ensuite toutes les conséquences classiques : flèches multiples, aspect en « pommier » etc. Dans ce cas on peut penser qu'il eut été opportun de détruire et d'enlever les ronces dans le courant de l'année qui précédait l'émergence des plants.

Dans l'hypothèse d'une plantation sur une pente avec en aval un peuplement forestier fermé par un sous-bois abondant, il est également souhaitable de détruire et d'enlever le sous-étage

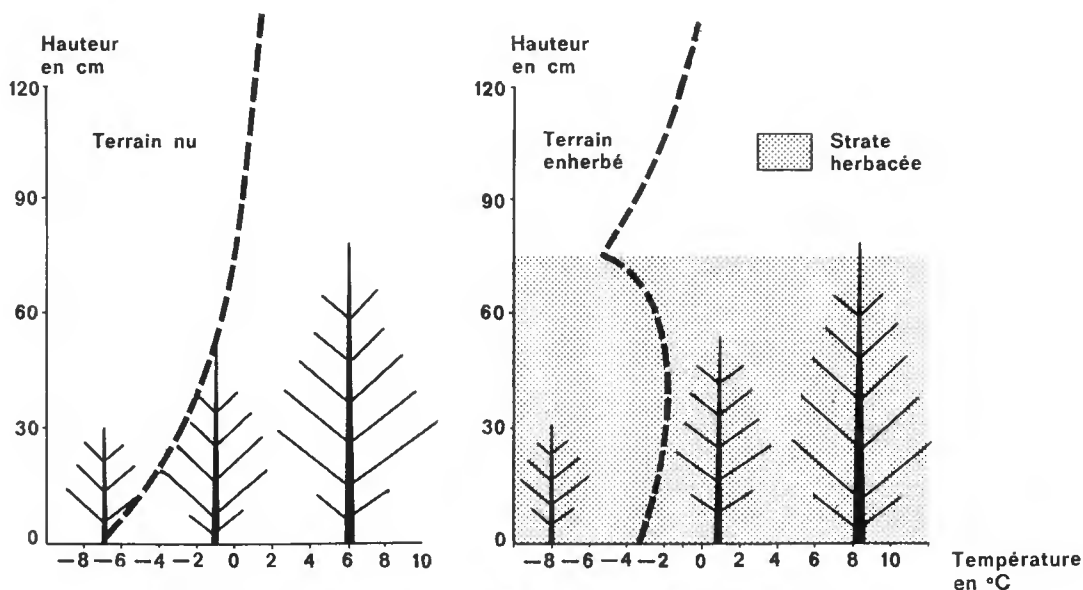


Figure n° 4. - Situation des jeunes plants suivant l'état d'enherbement du sol.

en la lisière de manière à faciliter l'écoulement de l'air vers des zones plus basses à l'intérieur du peuplement. On évite aussi la constitution d'un lac froid dans la partie aval de la zone reboisée. Plus généralement, il est certain que l'utilisation en reboisement de plants de haute tige peut être un moyen intéressant de lutter efficacement contre les dégâts de gelée.

CONCLUSION

Les gelées tardives constituent en foresterie un obstacle particulièrement important dans certains cas. Elles se font sentir dans toute la France. L'analyse des données climatiques fait bien sûr ressortir pour une date déterminée des risques de gelées plus grands dans certaines régions, tel le Nord-Est de la France ; mais en fait ce raisonnement n'est plus valable si l'on fait intervenir simultanément l'état végétatif des plants qui finalement conditionne les dégâts. Ainsi dans l'Ouest, un état végétatif donné, le débournement par exemple, est atteint plus tôt qu'en Lorraine, et, à ce moment les risques de dégâts peuvent être localement plus grands que quinze jours plus tard dans l'Est.

L'examen, confirmé par l'expérience, des différents types de profils thermiques qui peuvent être observés suivant l'état de couverture du sol a montré qu'en intervenant à ce niveau, il était possible de diminuer les risques de gelée. Des recherches sont d'ailleurs en cours pour étudier en détail l'influence de la structure de la strate herbacée ou broussailleuse, et aussi pour comparer l'importance des gelées en terrain maintenu constamment nu et terrain fortement enherbé.

Gilbert AUSSENAC

Chargé de recherches au C. N. R. F.

14, rue Girardet
54 - NANCY

BIBLIOGRAPHIE

- GESLIN (H.), HALLAIRE (M.). — A propos de la lutte contre les gelées de printemps. Observations microclimatiques en Champagne. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'agriculture de France*, n° 17, 1949, pp. 705-710.
- GESLIN (H.). — Situations gélives. *Bulletin technique d'information*, no 135, 1958, 12 p.
- GODARD (M.), NIGOUD (J.). — Les gelées de printemps à l'Ecole nationale d'agriculture de Montpellier. *Météorologie*, no 36, 1954.
- BOUCHET (R.J.). — Problèmes des gelées de printemps. *Agricultural meteorology*, no 2, 1965, pp. 167-195.
- AUSSENAC (G.). — Observations sur les variations microclimatiques verticales dans un peuplement de Pins sylvestres. *Publication. Station de Sylviculture et Production*, Nancy, 1967, 12 p.
- AUSSENAC (G.). — Observations sur les effets d'une gelée tardive. *Revue forestière française*, no 3, 1967, pp. 207-211.
- SELTZER (P.). — Etudes micrométéorologiques en Alsace. - Thèse de doctorat es sciences. Faculté de Strasbourg. 1965. — 57 p.

TABLEAU 1

PROFILS THERMIQUES EN SOL GAZONNE ET SOL NU

DATE	Sol gazonné (1)		Sol nu		Sol gazonné		Sol nu		Température minimum sous abri 2 m
	Hauteur en cm	Indices actinothermiques en °C	Hauteur en cm	Indices actinothermiques en °C	Profondeur en cm	Température sol en °C	Profondeur en cm	Température sol en °C	
25.4.67	40	-5,9	40	-6,0	-5	4,8	-5	3,0	-3,2
	20	-6,5	20	-6,0	-10	6,2	-10	3,2	
	10	-7,5	10	-6,3	-20		-20	5,5	
	5	-7,5	5	-6,5	-50	9,1	-50	8,1	
					-100	9,1	-100	8,8	
8.4.68	40	-4,0	40	-3,8	-5	4,5	-5	3,0	-1,5
	20	-4,2	20	-4,1	-10	5,8	-10	3,5	
	10	-4,9	10	-4,2	-20	7,1	-20	5,1	
					-50	7,6	-50	7,1	
	5	-5,8	5	-5,1	-100	7,6	-100	7,3	
9.4.68	40	-4,1	40	-3,2	-5	4,0	-5	1,0	-2,3
	20	-4,9	20	-4,7	-10	5,0	-10	1,7	
	10	-5,3	10	-5,0	-20	6,5	-20	4,0	
					-50	7,5	-50	6,8	
	5	-7,0	5	-6,3	-100	7,8	-100	7,3	
12.4.68	40	-3,2	40	-2,5	-5	4,2	-5	4,0	-1,5
	20	-3,5	20	-2,7	-10	5,5	-10	3,1	
	10	-3,7	10	-2,0	-20	6,5	-20	4,5	
	5	-5,1	5	-3,5	-50	7,5	-50	6,8	
					-100	7,5	-100	7,2	
	40	-3,3	40	-2,2	-5	10,2	-5	9,0	0,0
	20	-3,0	20	-2,3	-10	11,5	-10	8,5	
	10	-3,0	10	-2,5	-20	13,0	-20	10,0	
					-50	13,4	-50	12,5	
	5	-4,1	5	-3,2	-100	11,8	-100	11,3	

(1) Gazon de 5-6 cm de haut

TABLEAU 2

COMPARAISON DES INDICES ACTINOTHERMIQUES
DANS UNE PLANTATION D'ABIES BALSAMEA, ET SUR UN TERRAIN DECOUVERT NU

DATE	Abies balsamea (1)		Sol nu		
	Niveau en cm	Indices actino-thermiques en °C	Niveau en cm	Indices actino-thermiques en °C	Température sous abri en °C
19 avril 1966	20	4,0	5	6,2	8,5
	40	5,5	10	6,2	
	80	5,5	20	6,2	
	180	6,5	40	6,2	
	250	6,5	80	7,0	
20 avril 1966	20	2,5	5	5,0	7,1
	40	4,5	10	5,0	
	80	4,5	20	5,0	
	180	5,0	40	5,5	
	250	5,0	80	5,5	
22 avril 1966	20	— 2,8	5	— 1,0	1,5
	40	— 1,2	10	— 0,9	
	80	— 1,5	20	— 0,8	
	180	— 1,2	40	— 0,5	
	250	— 1,0	80	— 0,5	
2 mai 1966	20	2,0	5	4,0	6,0
	40	3,0	10	4,1	
	80	3,2	20	4,1	
	180	3,8	40	4,1	
	250	4,0	80	4,5	
7 mai 1966	20	2,0	5	3,5	5,0
	40	3,0	10	3,5	
	80	3,0	20	3,5	
	180	3,5	40	3,5	
	250	5,0	80	4,0	
24 mai 1966	20	— 0,1	5	2,0	3,8
	40	0,8	10	2,5	
	80	0,2	20	2,5	
	180	1,5	40	2,0	
	250	2,0	80	2,5	
28 mai 1966	20	0,0	5	2,0	5,5
	40	1,0	10	2,5	
	80	1,5	20	2,5	
	180	2,5	40	2,5	
	250	2,8	80	2,5	
29 mai 1966	20	0,5	5	2,0	4,5
	40	1,0	10	2,5	
	80	1,5	20	2,5	
	180	2,5	40	2,5	
	250	2,5	80	3,0	
			180	3,0	

(1) Hauteur de l'herbe 20 cm - Hauteur A. balsamea 30 cm