

Note de recherche forestière n° 51

Forçage *in situ* des cônes mâles de pin gris et de mélèze du Japon

Stéphan MERCIER ¹

F.D.C. 232.3(047.3)(714)
L.C. SD 402 .P66

Résumé

Le court délai qui s'écoule entre la dissémination du pollen et la période de réceptivité des fleurs femelles des espèces résineuses représente un inconvénient pour les généticiens et les utilisateurs de vergers à graines qui désirent procéder à des travaux de pollinisation dirigée. Des sacs de papier munis d'une fenêtre en polyéthylène furent posés 6 et 9 semaines avant la date prévue de dissémination du pollen sur des rameaux porteurs de bourgeons reproducteurs mâles de mélèze du Japon et de pin gris respectivement. Cette technique provoque un effet de serre localisé qui accélère le développement des bourgeons reproducteurs mâles. Elle s'avère particulièrement efficace avec les cônes mâles de pin gris pour lesquels les plus courts délais de développement ont été obtenus avec des sacs dont la fenêtre était dirigée vers le haut. Il est donc possible de cueillir les cônes mâles en moyenne 11 jours plus tôt que les témoins mais le taux de germination moyen du pollen est significativement inférieur d'environ 40 p. 100. Par contre, les sacs dont la fenêtre est tournée vers le bas accélèrent le développement des cônes mâles de pin gris de près de 9 jours sans nuire à la qualité et à la production de pollen. Dans l'expérience avec le mélèze du Japon, la technique de forçage provoque toutefois l'avortement des cônes mâles. Ce phénomène est sans doute lié au faible taux d'humidité à l'intérieur des sacs qui est dû à l'évapotranspiration quasi inexistante lors du développement des inflorescences. Des sondes thermiques placées dans les sacs ont permis de suivre la dynamique de la température à l'intérieur et à l'extérieur des sacs durant le développement des cônes mâles.

Mots-clés : forçage *in situ*, développement accéléré, ensachage, cônes mâles, pollen, température, degrés-jours, taux d'humidité, *Pinus banksiana*, pin gris, *Larix leptolepis*, mélèze du Japon.

Abstract

The time between pollen scattering and female cone receptivity in conifer trees is very short and it represents an obstacle to controlled pollination for all geneticists and seed orchard managers. Six and 9 weeks before the time of pollen scattering, paper bags with a polyethylene window were placed around Japanese larch and Jack pine branchlets bearing male reproductive buds. This technique causes a localized greenhouse effect around the branchlets that accelerates male bud development. Bags with the window oriented upward gave the shortest maturation time. In fact, it was possible to collect the pollen cone about 11 days before the control, but the mean germination rate of pollen was significantly lower by about 14 per 100. However, bags with the window oriented downward accelerated the development of male Jack pine cones by about 9 days without a decrease in the quality and production of pollen. This same technique caused the abortion of male Japanese larch cones mainly because of the low humidity rate inside the bags due to withdrawal by evapotranspiration. Thermal probes put into the bags helped to follow the progression of temperature inside and outside the bags during the development of male cones of each species.

Key words : forcing, accelerated growth, bagging, male cones, pollen, temperature, degree-days, humidity rate, Pinus banksiana, Jack pine, Larix leptolepis, Japanese larch.

*

1 Ing.f., M.Sc., chargé de recherches sur les semences et les pollens des arbres forestiers au Service de l'amélioration des arbres.

Introduction

Les travaux de pollinisation dirigée à grande échelle sont souvent limités soit à cause de la période de l'anthèse qui est trop courte (OWENS et BLAKE 1985, STIPANICIC et MERCIER 1993) ou encore à cause de certains phénomènes dichogamiques tels que les variations saisonnières de la production de pollen ainsi que les variations clonales (FRAMPTON *et al.* 1982). Il n'est donc pas toujours évident aux opérateurs de récolter les cônes mâles, d'extraire le pollen et de procéder à la pollinisation dans le cadre d'un vaste programme d'amélioration génétique des arbres. Par ailleurs, l'avènement des vergers sous abri nécessitera également l'utilisation de quantités massives de pollen à l'intérieur de délais très courts. Deux options s'offrent alors au gestionnaire pour pallier à ce problème ainsi que pour éviter l'autopollinisation ou les pollinisations naturelles indésirables. D'une part, il peut récolter le pollen qui sera conservé dans des conditions adéquates jusqu'aux prochains travaux de pollinisation qui auront lieu l'année suivante. Une seconde stratégie consiste à forcer la maturation des cônes mâles, c'est-à-dire d'accélérer leur évolution sans détériorer la qualité du pollen, afin de permettre la réalisation des travaux de pollinisation l'année même de la récolte.

Dans cette dernière option, il existe deux techniques potentielles qui permettent de forcer la maturation des cônes mâles; d'abord par un trempage des « rameaux porteurs de bourgeons floraux mâles » (= rameaux porteurs) dans un milieu hydroponique contrôlé. Ainsi, plusieurs méthodes ont été essayées jusqu'à aujourd'hui pour accélérer le développement des cônes mâles selon cette approche alors que les rameaux sectionnés étaient placés à la température de la pièce (DORMAN 1976), dans des chambres de croissance (SARVAS 1972, LUOMAJOKI 1977) ou dans des serres (ROSS 1988). Il a été démontré que le forçage des fleurs mâles est possible chez plusieurs espèces résineuses en augmentant la longueur du jour, l'intensité de la lumière et l'humidité relative de l'air (WORKSLEY 1959). COLANGELI et OWENS (1991), par contre, ont démontré que cette approche est inefficace puisqu'elle réduit le nombre de cônes mâles qui parviennent à maturité, elle diminue la quantité de pollen produit, elle augmente le taux de pollen anormalement développé et elle réduit le potentiel de fécondation du pollen. En fait, le seul moyen d'obtenir des résultats satisfaisants consiste à placer les rameaux dans la chambre de croissance lorsqu'il y a une émergence d'au moins 50 p. 100 des écailles des bourgeons reproducteurs mâles. Par contre, cette dernière méthode permet d'économiser seulement deux jours. ROSS (1988) a constaté, en transportant des greffes de *Picea engelmannii* à l'intérieur d'un tunnel chauffé, lors du débourrement des bourgeons reproducteurs, que la dissémination du pollen a été accélérée de 21 jours mais elle augmentait le nombre de cônes mâles sous-développés de 33 p. 100 et diminuait le rendement du pollen produit par cône de 70 p. 100.

Une seconde approche utilisée pour accélérer le développement des cônes mâles consiste en un forçage *in situ*. Cette technique provoque un effet de serre localisé autour de l'arbre ou des rameaux porteurs grâce à des enveloppes de papier ou de plastique qui entourent les

cônes mâles. L'augmentation de la température à l'intérieur des sacs favorise ainsi la croissance des cônes mâles, alors que les cônes femelles situés à l'extérieur, qui sont soumis aux températures normales, évoluent à leur rythme habituel (BOYER et WOODS 1973). L'ensachement des rameaux porteurs semble être une technique plus efficace à l'heure actuelle pour forcer les cônes mâles sans nuire à la qualité du pollen (WHITE et KNOPP 1978, BOYER et WOODS 1973). Selon certains auteurs, c'est l'augmentation de la température qui est la principale cause du développement accéléré du pollen (COPIS 1990, BOYER 1981), mais ce n'est évidemment pas le seul facteur environnemental à prendre en compte (CECICH et BAUER 1987).

La présente étude évalue donc l'effet du forçage *in situ* des cônes mâles de pin gris (*Pinus banksiana*) et du mélèze du Japon (*Larix leptolepis*). Ces deux espèces ont été choisies compte tenu de la divergence qui oppose leur dynamique de production de pollen. La première espèce produit son pollen en abondance et assez tardivement en saison (début juin en général, GRENIER 1992). Inversement, le mélèze du Japon dissémine son pollen très tôt en saison (fin avril à début de mai, GRENIER 1992) et en faible quantité (STIPANICIC et MERCIER 1993). De plus, le développement des cônes mâles a lieu alors que les bourgeons végétatifs n'ont pas encore débourrés (MERCIER et STIPANICIC 1990). Nous suivrons également la dynamique de la température à l'intérieur et à l'extérieur des sacs afin de connaître la relation, si relation il y a, entre le développement des cônes mâles et l'accumulation de la chaleur.

*

Matériel et méthodes

Les mélèzes du Japon et les pins gris situés à l'arboretum de Duchesnay (46° 53' N, 71° 37' O) ont servi à cette expérience. Pour chacune de ces espèces, nous avons sélectionné 10 individus possédant suffisamment de bourgeons reproducteurs mâles. Sur chaque individu, nous avons posé aléatoirement, parmi l'ensemble des rameaux porteurs situés du côté sud de l'arbre, six sacs servant à la pollinisation dirigée. Les sacs de pollinisation sont fait de papier Kraft blanc dont les dimensions sont de 55 x 20 x 12,5 cm avec une fenêtre de polyéthylène transparent de 53 x 14 cm sur l'un des côtés du sac. Ces sacs furent installés durant la semaine du 15 mars 1990, soit environ 6 semaines avant la dissémination du pollen du mélèze du Japon et 9 semaines avant celle du pin gris. La moitié des sacs posés avaient leur fenêtre de polyéthylène orientée vers le ciel (sac HAUT) alors que la seconde moitié avait cette même fenêtre orientée vers le sol (sac BAS). Le témoin correspondait aux rameaux porteurs situés sur le côté sud de ces mêmes arbres mais à l'extérieur des sacs.

Des sondes thermiques (*Microta Digital*) ont été insérées à l'intérieur et à l'extérieur des sacs de manière à enregistrer les températures minimales et maximales. Le relevé de ces données était réalisé quotidiennement autour de 10 heures du matin durant tous les temps de l'expérience. La température moyenne était calculé en effectuant la

moyenne entre ces deux extrêmes. L'écart de température représente la différence entre les valeurs maximale et minimale. Enfin, la somme quotidienne en degrés-jours (DJ) a été évaluée depuis le début de la saison de végétation à partir du jour où la moyenne quotidienne était supérieure à 5 °C (J'). Chaque sommation avait lieu lorsque la température moyenne quotidienne était égale ou supérieure à 5 °C et elle était déterminée à partir des températures quotidiennes minimales (T_{\min}) et maximales (T_{\max}) prises par les sondes.

$$DJ = \sum_{J'} \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} J' - 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La date de récolte des cônes mâles correspondait à l'éclatement des sacs polliniques (ou microsporangies) et plus d'une récolte pouvait être réalisée à l'intérieur d'un même sac selon le degré de maturité des cônes mâles. Un dénombrement des fleurs mâles par sac et la mesure en centimètres cubes (cm^3) du pollen produit par ces cônes permettaient de déterminer le volume de pollen produit par 1 000 cônes mâles. Le taux de germination a été évalué à l'aide des milieux de culture et des conditions culturales décrites par MERCIER (1990).

L'analyse de la variance et le test de LSD de Fisher ont été réalisés pour les dates de dissémination, les volumes de pollen produit par 1 000 cônes mâles, les taux de germination, la température moyenne et l'écart quotidien de la température selon SAS INSTITUTE INC. (1985), après en avoir vérifié la normalité.

Résultats

Le tableau 1 présente l'analyse de la variance qui a été réalisée sur les dates de dissémination du pollen de pin gris selon l'orientation de la fenêtre. Ce tableau montre la présence d'une différence très significative entre les traitements. Le LSD de Fisher a pu faire ressortir que les trois traitements étaient différents et que le traitement sac HAUT donnait les plus courts délais de développement, suivi du traitement sac BAS.

HAUT	BAS	TÉMOIN
14 mai	16 mai	25 mai

Le tableau 2 ne fait ressortir aucune différence significative entre les traitements en ce qui concerne le volume de pollen produit par 1 000 cônes mâles de pin gris. Par contre, il existe une différence significative entre les taux de germination de ce pollen (tableau 3). Le LSD de Fisher décèle en effet une différence entre le traitement HAUT et le témoin. Il n'existe toutefois aucune différence entre les rameaux témoins et le traitement sac BAS :

TÉMOIN	BAS	HAUT
63 %	58 %	49 %

Aucune analyse statistique n'a été réalisée sur le pollen du mélèze du Japon compte tenu que les traitements BAS et HAUT ont provoqués systématiquement un avortement des cônes mâles. Seuls quelques rares échantillons ont produits 1 ou 2 cm^3 de pollen mort dans les sacs environ 1,5 semaine avant la période de dissémination naturelle alors que les témoins avaient produit en moyenne 12,5 cm^3 par 1 000 cônes mâles, ce qui correspond à la moyenne québécoise (STIPANIC et MERCIER 1993). Par ailleurs, les observations visuelles réalisées quotidiennement indiquaient que les sacs de pollinisation posés sur les rameaux de pin gris avaient un taux d'humidité qui s'approchait de 100 p. 100 compte tenu de la condensation qui s'accumulait sur les parois du sac. À l'inverse, l'intérieur des sacs de pollinisation du mélèze du Japon ne présentait aucune condensation. Les rameaux présents dans les sacs devenaient rapidement secs et mouraient peu de temps après les premières températures chaudes.

Par ailleurs, la température moyenne quotidienne chez le pin gris dans les sacs HAUT est toujours supérieure à celle des sacs BAS et des rameaux TÉMOIN (figure 1 et tableau 4). L'analyse de la variance a montré que cette tendance est très significativement différente et le LSD de Fisher a pu faire ressortir que les trois traitements sont différents :

HAUT	BAS	TÉMOIN
14,9 °C	10,2 °C	5,4 °C

Toutefois, l'observation de la figure 1 fait remarquer que cette différence entre les traitements BAS et HAUT est moins élevée lors des journées nuageuses, comme c'est le cas durant la période du 17 au 25 mai. La figure 2 présente la même observation chez le mélèze du Japon que la figure précédente bien que la différence entre les trois traitements semble moins évidente. En fait, le tableau 5 montre qu'il existe effectivement une différence très significative mais il apparaît qu'elle est inexistante entre les traitements BAS et HAUT :

HAUT	BAS	TÉMOIN
8,8 °C	7,4 °C	3,6 °C

La comparaison des températures à l'intérieur des sacs de pin gris et de mélèze du Japon pour une période équivalente (c'est-à-dire du 28 mars au 2 mai) montre que les sacs HAUT du pin gris ont eu une température moyenne très significativement supérieure à celle des sacs HAUT du mélèze du Japon (tableau 6). Toutefois, le test de LSD ne fait ressortir aucune différence significative entre les sacs BAS des deux espèces et évidemment entre les témoins.

Tableau 1. Analyse de la variance de la date de dissémination du pollen de pin gris selon l'orientation de la fenêtre

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	PR > F*	R ²	C.V.	Moyenne
Modèle	2	1 101,73	550,87	13,39	0,0001	0,2273	26,79	18,3
Erreur	69	2 838,66	41,14					
Total corrigé	71							

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$ **Tableau 2. Analyse de la variance du volume de pollen produit par 1 000 cônes mâles de pin gris selon l'orientation de la fenêtre**

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	PR > F	R ²	C.V.	Moyenne
Modèle	2	34,75	17,37	0,74	0,4822	0,0209	40,45	12,0
Erreur	69	1 626,37	23,57					
Total corrigé	71	1 661,12						

Tableau 3. Analyse de la variance du taux de germination du pollen de pin gris selon l'orientation de la fenêtre

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	PR > F*	R ²	C.V.	Moyenne
Modèle	2	962,13	481,07	3,92	0,0320	0,2251	19,40	57,1
Erreur	27	3 311,64	122,65					
Total corrigé	29	4 273,77						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,05$ **Tableau 4. Analyse de la variance de la température moyenne quotidienne selon l'orientation de la fenêtre chez le pin gris**

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur des carrés	PR > F*	R ²	C.V.	Moyenne
Modèle	2	2 633,01	1 316,51	42,31	0,0001	0,3272	54,85	10,17
Erreur	174	5 413,97	31,11					
Total corrigé	176	8 046,99						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$

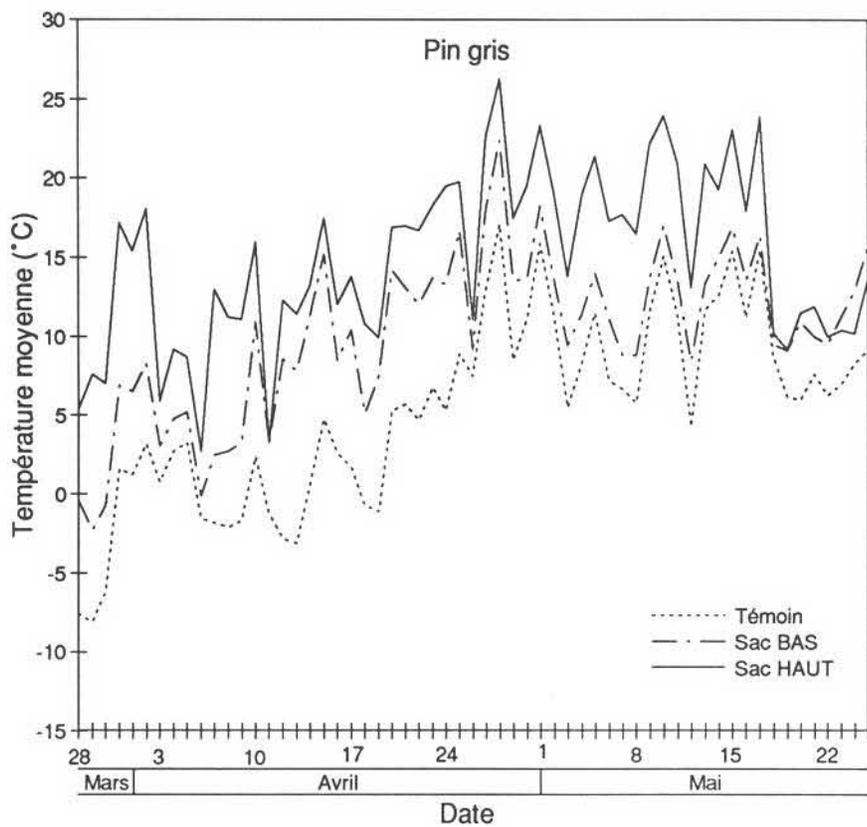


Figure 1. Température moyenne quotidienne à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le pin gris.

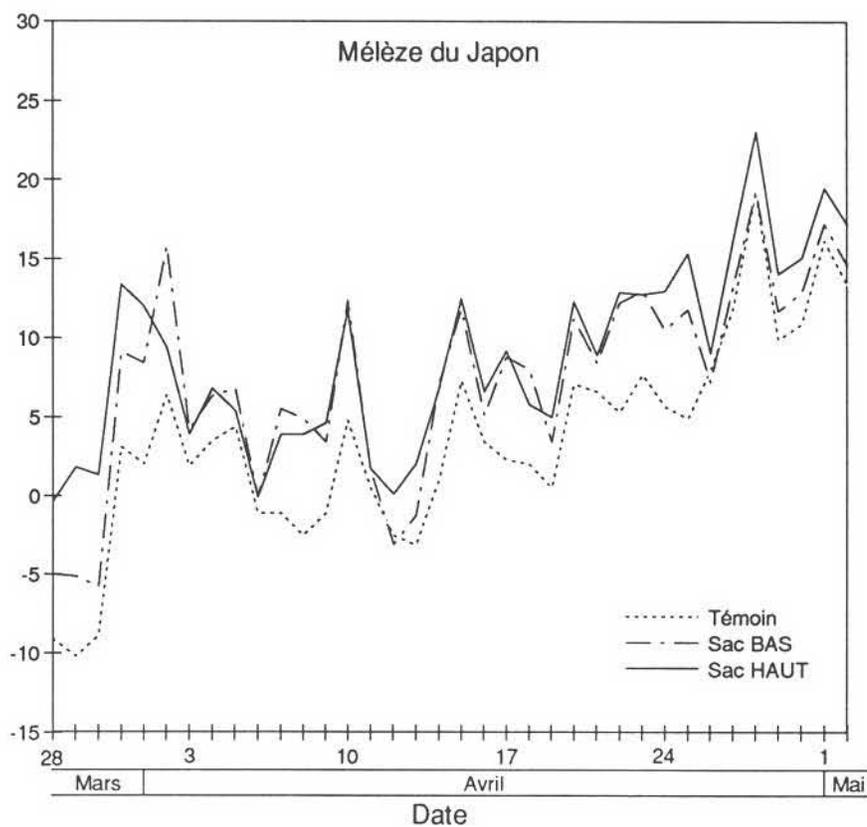


Figure 2. Température moyenne quotidienne à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le mélèze du Japon.

Tableau 5. Analyse de la variance de la température moyenne quotidienne selon l'orientation de la fenêtre chez le mélèze du Japon

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	PR > F^*	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	2	515,56	257,78	6,53	0,0021	0,1107	95,20	6,59
Erreur	105	4 142,40	39,45					
Total corrigé	107	4 657,97						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$

Tableau 6. Analyse de la variance de la température moyenne entre le pin gris et le mélèze du Japon selon l'orientation de la fenêtre

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	PR > F^*	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	5	4 004,78	800,95	23,38	0,0001	0,2953	66,38	8,80
Erreur	279	9 556,46	34,25					
Total corrigé	284	13 561,21						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$

Tableau 7. Analyse de la variance de l'écart quotidien de la température selon l'orientation de la fenêtre chez le pin gris

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur des carrés	PR > F^* de F	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	2	13 713,85	6 856,92	93,56	0,0001	0,5181	38,34	22,33
Erreur	174	12 752,87	73,29					
Total corrigé	176	26 466,72						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$

Tableau 8. Analyse de la variance de l'écart quotidien de la température selon l'orientation de la fenêtre chez le mélèze du Japon

Source	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur des carrés	PR > F^* de F	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	2	4 122,35	2 061,17	30,46	0,0001	0,3671	36,78	22,37
Erreur	105	7 105,86	67,67					
Total corrigé	107	11 228,21						

* Significatif à un seuil $\alpha = 0,01$

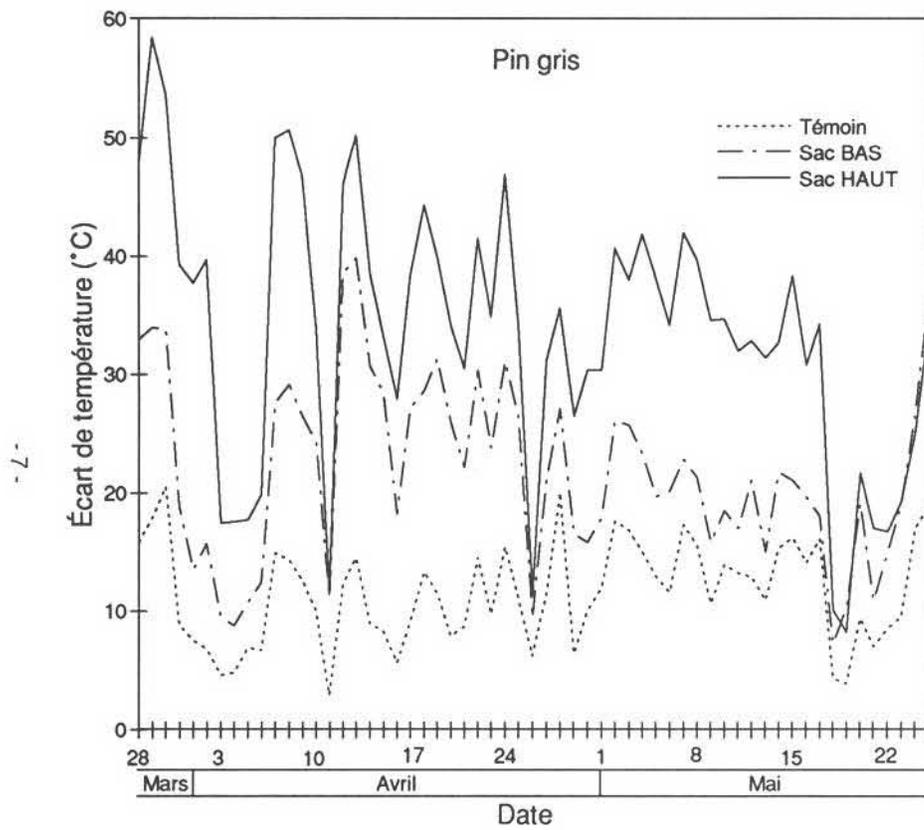


Figure 3. Écart quotidien de la température à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le pin gris.

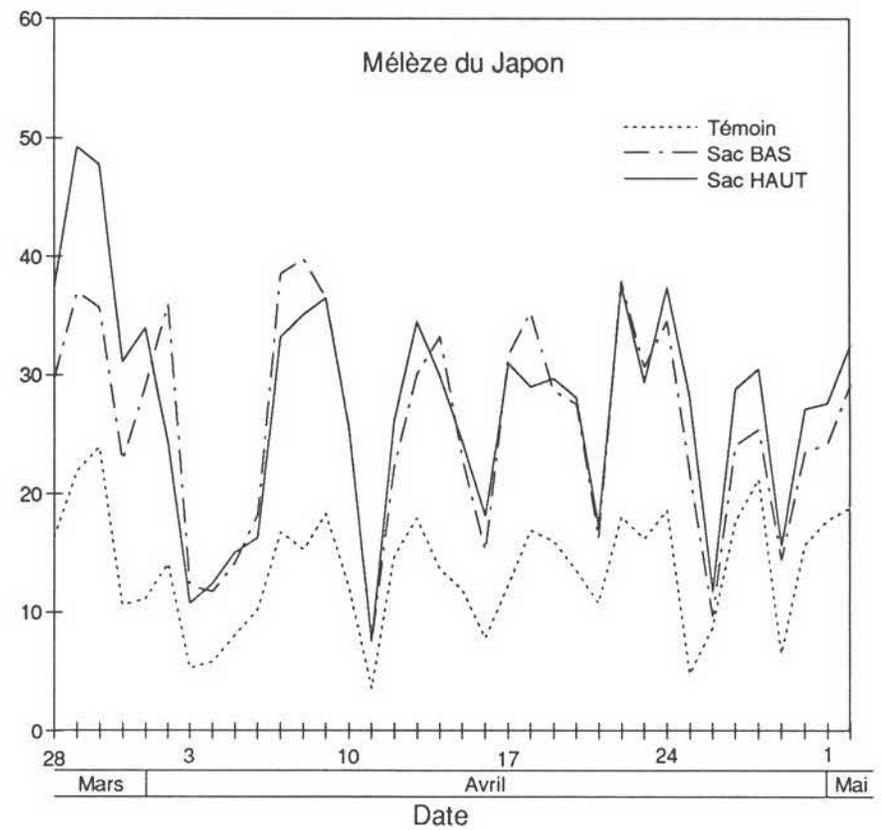


Figure 4. Écart quotidien de la température à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le mélèze du Japon.

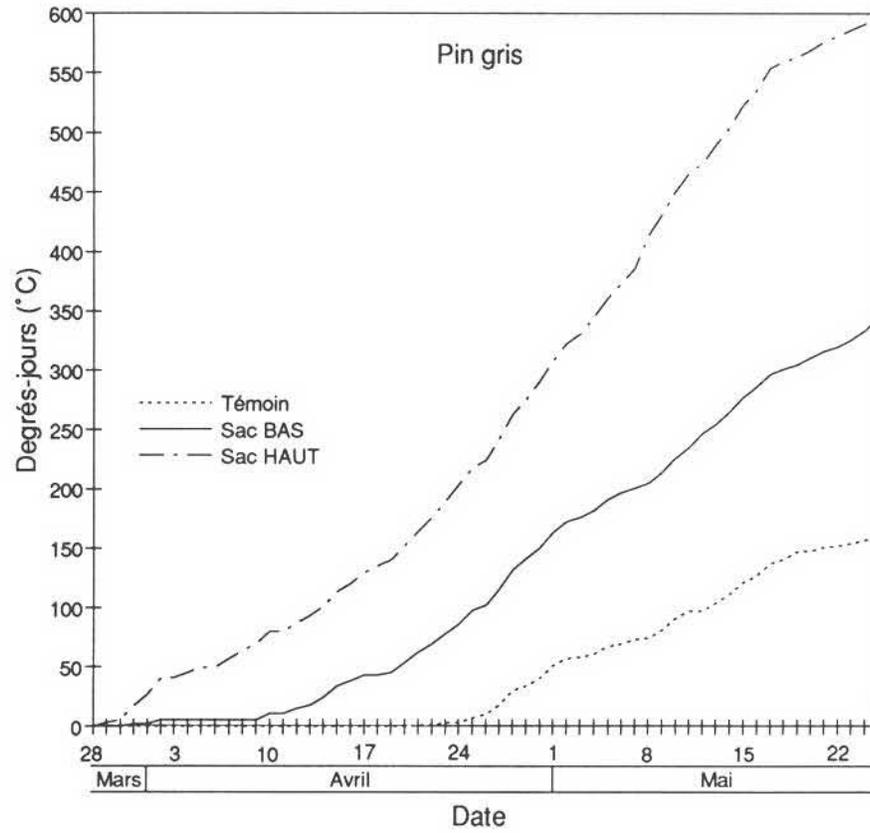


Figure 5. Accumulation des degrés-jours à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le pin gris.

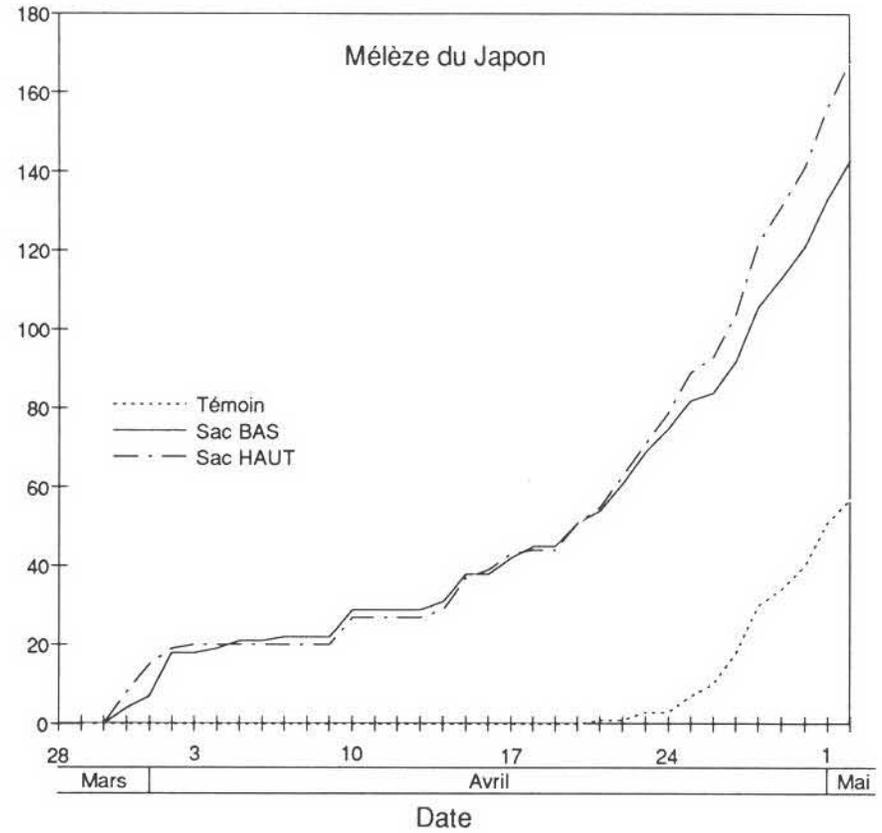


Figure 6. Accumulation des degrés-jours à l'intérieur et à l'extérieur des sacs chez le mélèze du Japon.

Les figures 3 et 4 représentent l'écart quotidien de température entre les traitements chez le pin gris et le mélèze du Japon respectivement et les tableaux 7 et 8 présentent les résultats de l'analyse de la variance pour les espèces en cause. Ces derniers tableaux démontrent qu'il y a effectivement une différence très significative entre les traitements et le LSD de Fisher montre que cette différence se situe entre tous les traitements :

HAUT	BAS	TÉMOIN
33,2 °C	22,1 °C	11,6 °C

On observe dans tous les cas que les écarts de température les plus grands se retrouvent dans les traitements HAUT. On enregistre des températures maximales supérieures et les températures minimales sont inférieures à celles obtenues à l'extérieur des sacs. Il fait donc plus froid la nuit et plus chaud le jour à l'intérieur de ces sacs. Il faut toutefois remarquer que l'écart de température est beaucoup plus faible lors des journées nuageuses et qu'il y a alors peu de différence entre les sacs BAS et HAUT. L'écart maximal de température enregistré dans une même journée pour ce type de sac a été de 58,4 °C.

À l'inverse du pin gris, il n'existe aucune différence significative entre les sacs BAS et HAUT du mélèze du Japon :

HAUT	BAS	TÉMOIN
27,5 °C	25,9 °C	13,7 °C

Dans une autre mesure, la figure 5 fait ressortir également qu'à la date de la récolte de l'ensemble des échantillons témoins du pin gris (25 mai), il y avait cinq et deux fois plus de degrés-jours accumulés dans les sacs HAUT (600 °C) et les sacs BAS (345 °C) que dans les témoins (125 °C). De la même manière, il y avait presque aucune différence de degrés-jours entre les traitements BAS (143 °C) et HAUT (168 °C) mais ces deux traitements étaient plus de deux fois supérieurs au témoin (figure 6). En somme, la comparaison des figures 5 et 6 montre que le traitement HAUT chez le pin gris accumule deux fois plus de degrés-jours pour une même période que chez le mélèze du Japon mais qu'il y a peu de différence entre les deux espèces en ce qui concerne le traitement BAS.

Discussion

La pose des sacs au cours du mois de mars ne présente pas de problème pratique, à l'exception de la détermination du type de bourgeon. En effet, il peut exister une certaine difficulté dans le choix des rameaux à sélectionner puisque l'identification des bourgeons reproducteurs mâles durant l'hiver est souvent hasardeuse. Ce problème est particulièrement vrai avec les épinettes (MERCIER et STIPANICIC 1990). Toutefois, cette difficulté ne s'est pas vraiment présentée lors de cette expérience puisque le taux d'échec lors de l'identification des bourgeons a été relativement bas.

Les résultats obtenus sont très divergents entre les deux espèces étudiées. La technique de forçage *in situ* est apparue efficace avec le pin gris alors qu'elle s'est avérée particulièrement désastreuse avec le mélèze du Japon. Chez la première espèce, tous les traitements donnent le même volume de pollen produit par 1 000 cônes mâles. Le traitement sac HAUT fournit aux rameaux une plus grande accumulation de chaleur, ce qui se traduit par un temps de développement des cônes mâles significativement plus court que les deux autres traitements. Cette conclusion va dans le sens de celles formulées par certains auteurs qui stipulent qu'il existe une relation entre l'augmentation de la température et d'une part l'accélération du développement des cônes mâles (SARVAS 1972, JONSSON 1974, LUOMAJOKI 1977, 1982) et, d'autre part, la maturation du pollen (BOYER et WOODS 1973, BOYER 1981). Toutefois, le taux de germination du pollen est inférieur à celui du pollen des témoins d'environ 10 à 15 p. 100. Le traitement sac BAS est moins performant de deux jours pour ce qui est de l'accélération du développement que le traitement sac HAUT, mais il possède néanmoins l'avantage d'avoir des taux de germination comparables aux témoins. L'orientation de la fenêtre de polyéthylène, qui est indispensable pour visualiser le développement des cônes mâles, doit donc être considérée afin de réussir avec succès le forçage *in situ* des cônes mâles de pin gris. Le gestionnaire qui désire réaliser des pollinisations dirigées a donc le choix entre le traitement sac HAUT, qui augmente le temps d'opération d'environ 11 jours avec un taux de germination du pollen un peu moindre, et le traitement sac BAS, qui augmente le temps d'opération de 9 jours sans nuire d'aucune manière à la viabilité du pollen. Il est néanmoins recommandé d'utiliser le second traitement bien que le traitement HAUT peut être employé dans les cas où l'on désire obtenir le maximum de temps pour réaliser un nombre élevé de croisements compte tenu qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des taux de germination élevés pour réussir un croisement. En fait, certains auteurs mentionnent que le taux de germination minimum acceptable pour réaliser adéquatement un croisement est de l'ordre de 20 à 40 p. 100 (WEBBER 1987).

La présence de tissus foliaires à l'intérieur des sacs au moment de la maturation des fleurs mâles du pin gris maintient le taux d'humidité à près de 100 p. 100 grâce à l'action de l'évapotranspiration. Ce taux d'humidité élevé semble favorable à la croissance des cônes mâles même si certains auteurs croient que ce facteur peut stimuler la croissance d'agents pathogènes (ROSS 1988). Les observations effectuées dans cette étude n'ont pas décelé ce phénomène mais nous avons pu remarquer que le pollen qui était déjà disséminé dans ces sacs mourait très rapidement, sans doute à cause de l'humidité qui conserve mal la viabilité du pollen. C'est pour cette raison qu'il est important de recueillir les cônes mâles juste avant la dissémination du pollen dans les sacs.

Par ailleurs, les piètres résultats obtenus avec le mélèze du Japon ressemblent à ceux de ROSS (1988) avec des greffes empotées sous tunnel. L'absence des aiguilles lors du développement des cônes mâles du mélèze du Japon ne permettait pas, contrairement au pin gris, un dégagement d'humidité suffisamment élevé dans les sacs.

pour stimuler la croissance. En fait, la combinaison de l'absence d'humidité et de l'augmentation de la température dans les sacs est vraisemblablement la cause principale de la mortalité des cônes mâles. Le rôle de la température semble toutefois être plus important pour la viabilité et le développement des fleurs mâles que celui de l'humidité relative de l'air, qui servirait davantage à conserver la teneur en eau des cônes et du pollen. Certains auteurs émettent en effet l'hypothèse qu'une augmentation de la température tôt au début du développement des microspores peut provoquer des irrégularités méiotiques qui influenceraient l'accumulation des réserves nutritives, essentiellement l'amidon et les sucres solubles (COLANGELI et OWENS 1987, BARNER et CHRISTIANSEN 1959). Il est vrai que les mélèzes, de manière générale, sont très sensibles aux écarts de température au printemps (MERCIER et STIPANICIC 1990). Il est donc possible que plus la période de l'anthèse sera tardive dans la saison de croissance, meilleures seront les chances de succès d'une telle technique en termes d'accélération du développement des cônes mâles et de viabilité du pollen produit.

La dynamique de la température dans les sacs est très différente selon les deux espèces. D'une part, le nombre de degrés-jours dans les sacs HAUT posés sur les rameaux de pin gris est nettement supérieur à celui observé dans les sacs HAUT du mélèze du Japon. Ce phénomène est sans doute dû à la couleur vert foncé des nombreuses aiguilles qui absorbe davantage la lumière du soleil. Cette dernière hypothèse explique également la raison pour laquelle la température moyenne et l'écart de température lors des journées nuageuses sont très voisins entre les traitements BAS et HAUT chez le pin gris et également entre ces deux traitements, peu importent les conditions météorologiques, chez le mélèze du Japon. Ces variations de température dans les sacs, dues à la présence ou à l'absence des nuages, empêchent l'établissement d'une régression qui estimerait la température interne des sacs à partir de la température extérieure. Il aurait été intéressant de mesurer la température dans un sac sans la présence de rameaux afin de bien évaluer la dynamique de la température dans les sacs autant chez le mélèze du Japon que chez le pin gris.

Les écarts de température dans les sacs sont nettement supérieurs à ceux mesurés à l'extérieur : les températures moyennes sont plus élevées durant le jour et plus faibles durant la nuit. Ils peuvent s'expliquer par la présence de grandes quantités d'eau contenues dans les sacs, particulièrement ceux du pin gris. D'une part, cette eau emmagasine l'énergie calorifique produite par le soleil durant le jour. Par ailleurs, l'évaporation de cette eau au cours de la nuit provoque le phénomène inverse, c'est-à-dire qu'elle élimine la chaleur contenue à l'intérieur du sac sans qu'il y ait d'apport calorifique de l'extérieur pour combler cette perte d'énergie.

L'accumulation de la température n'est pas le facteur principal qui explique le développement accéléré des fleurs mâles de pin gris, puisqu'à un stade de développement donné, le nombre de degrés-jours est de deux à cinq fois plus élevé que pour le témoin. Les résultats de la figure 5 laissent croire que le développement des inflorescences mâles est lié davantage au photopériodisme qu'aux degrés-

jours. Ces observations nous permettent donc de penser que la croissance des cônes mâles est en relation avec au moins trois facteurs du milieu : le photopériodisme, l'accumulation de la température et l'humidité relative de l'air.

L'effet de serre provoqué par la pose des sacs sur les rameaux porteurs peut éventuellement induire la floraison pour l'année suivante (CHALUPKA et GIERTYCH 1977, OWENS et BLAKE 1985). Toutefois, des résultats non publiés sur le pin gris montrent que si on laisse les sacs de pollinisation sur les branches, il n'est pas possible d'induire la floraison femelle. Des résultats semblables ont été obtenus sur *Picea abies* (CHALUPKA et GIERTYCH 1977). Cette technique peut induire la production de cônes mâles chez ces deux espèces. Cet effet est certainement causé par l'augmentation de la température et par le temps du traitement.

Conclusion

La pose, 9 semaines avant l'anthèse, de sacs de pollinisation dont la fenêtre de polyéthylène est orientée vers le sol permet d'accélérer efficacement le développement des cônes mâles de pin gris d'environ 9 jours sans nuire à la qualité ni à la quantité de pollen produit. À l'inverse, cette technique s'est avérée inefficace avec le mélèze du Japon dont les principales causes d'avortement des cônes mâles sont certainement liées au faible taux d'humidité de l'air dans les sacs durant le développement des cônes et à la période hâtive de l'anthèse durant la saison de croissance. Il est donc raisonnable de croire que cette technique serait davantage efficace avec les espèces à feuilles persistantes – c'est-à-dire la majorité des conifères – compte tenu que l'évapotranspiration des aiguilles permet de maintenir la teneur en humidité à l'intérieur des sacs à près de 100 p. 100.

Par ailleurs, l'accumulation de la température n'est pas le seul facteur environnemental qui influence la maturation des cônes mâles de pin gris puisqu'il est nécessaire d'accumuler de 2 à 5 fois plus de degrés-jours dans les sacs qu'à l'extérieur pour parvenir à la période de dissémination du pollen.

*

Remerciements

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans la précieuse assistance de MM. Carol Parent et Alain Légaré qui ont assuré la prise de données ainsi que la récolte et le traitement des échantillons. Cette étude est inscrite dans le projet de recherche n° 3410-032120 (02-01) du Service de l'amélioration des arbres.

*

Références

- BARNER, H. et H. CHRISTIANSEN, 1959. *The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favorable time for controlled pollinations in Larix*. *Silvae Genetica* 9 : 1-11.
- BOYER, W.D., 1981. *Pollen production and dispersal as affected by seasonal temperatures and rainfall patterns*. Dans : E.C. Franklin, *Pollen management handbook*. USDA Forest Service, Agri. Handbook No. 587 : 2-9.
- BOYER, W.D. et F.W. WOODS, 1973. *Date of pollen shedding by longleaf pine advanced by increased temperatures at strobili*. *For. Sci.* 19 : 315-318.
- CECICH, R.A. et E.O. BAUER, 1987. *The acceleration of jack pine seed development*. *Can. J. For. Res.* 17 : 1408-1415.
- CHALUPKA, W. et M. GIERTYCH, 1977. *The effect of polyethylene covers on the flowering of Norway spruce (Picea abies) grafts*. *Arb. Korn.* 22 : 185-192.
- COLANGELI, A.M. et J.N. OWENS, 1987. *A phenological and cytological study of pollen development in western hemlock (Tsuga heterophylla)*. *Can. J. Bot.* 66 : 907-914.
- COLANGELI, A.M. et J.N. OWENS, 1991. *Effects of accelerated pollen-cone development on pollen cytology and fertilizing potential in western hemlock (Tsuga heterophylla)*. *For. Ecol. Manage.* 40 : 151-162.
- COPIS, P.L., 1991. *Techniques de pollinisation. I. Collecte du pollen*. Forêts Canada, Rapports techniques de l'I.F.N.P. n° 4. 5 p.
- DORMAN, K.W., 1976. *The genetics and breeding of southern pines*. USDA Agric. Handbook No. 472. 407 p.
- FRAMPTON, Jr., L.J., K.R. ROEDER, D.L. ROCKWOOD et C.A. HOLLIS, 1982. *Genetic variation in Choctawhatchee sand pine pollen shed and viability*. *South. J. Appl. For.* 6 : 225-228.
- GRENIER, J., 1992. *Petit manuel des semences forestières au Québec*. Ministère des Forêts, Service de la production de plants. 59 p.
- JONSSON, A., 1974. *A study of the temperature response of pollen mother cells in Norway spruce*. *Stud. For. Suec.* 116 : 1-32.
- LUOMAJOKI, A., 1977. *Effects of temperature on spermatophyte male meiosis*. *Hereditas* 85 : 33-48.
- LUOMAJOKI, A., 1982. *Temperature and dates of males meiosis in trees*. *Hereditas* 97 : 167-178.
- MERCIER, S., 1990. *Conservation et test de viabilité du pollen en vue de l'établissement d'une banque*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche et du développement. Rapport interne n° 323. 35 p.
- MERCIER, S. et A. STIPANICIC, 1990. *Étude phénologique de l'anthèse de quelques espèces forestières en relation avec les degrés-jours et le photopériodisme*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche et du développement. Rapport interne n° 324. 37 p.
- STIPANICIC, A. et S. MERCIER, 1993. *Réceptivité des fleurs femelles, production et période de dissémination du pollen de quelques espèces forestières*. Ministère des Forêts du Québec, Direction de la recherche. Note de recherche forestière n° 49 (à paraître).
- OWENS, J.N. et M.D. BLAKE, 1985. *Forest tree seed production*. Petawawa National Forestry Institute. Rapport d'information PT-X-53. 161 p.
- ROSS, S.D., 1988. *Pre- and post-pollination polyhouse environment effects on pollen and seed development in potted Picea engelmannii grafts*. *Can. J. For. Res.* 18 : 623-627.
- SARVAS, R., 1972. *Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 76 : 1-110.
- SAS INSTITUTE INC., 1985. *SAS user's guide : statistics*. 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. 956 p.
- WEBBER, J.E., 1987. *Increasing seed yield and genetic efficiency in Douglas-fir seed orchards through pollen management*. *Forest Ecology and Management* 19 : 209-218.
- WHITE, T.L. et J.A. KNOPP, 1978. *Conelet abortion and ATP levels on longleaf pine*. *Can. J. Bot.* 56 : 680-685.
- WORKSLEY, R.G.F., 1959. *The processing of pollen*. *Silvae genetica* 8 : 143-148.

