

Note de recherche forestière n° 59

Maturité et dormance des graines de l'Épinette blanche en milieu nordique

Stéphan MERCIER¹

F.D.C. 165(047.3)(714)
L.C. SD 401.5

Résumé

Des travaux antérieurs ont démontré que des graines de l'Épinette blanche peuvent être disséminées à l'état immature sur des sites localisés en milieu nordique. La présente étude vise à déterminer si le déficit de degrés-jours observé au cours de certaines années dans les milieux nordiques peut être la cause de ce phénomène. En ce sens, des récoltes de cônes ont eu lieu en 1992, année de croissance particulièrement froide sur sept sites nordiques. Phénologiquement, la maturité des graines s'est produite très tardivement par rapport aux années antérieures (4,5 à 14 jours) sans qu'il y ait eu une accumulation de 1 200 degrés-jours. Toutefois, ce déficit d'accumulation de chaleur n'a pas influencé le taux de germination, comparativement à la moyenne québécoise. De plus, ces taux de germination demeurent identiques après une année de conservation. Une dormance relativement profonde a été observée pour les graines provenant de cinq sites. Cette dormance embryonnaire est attribuée essentiellement à la période tardive de récolte.

Mots-clés : graine, phénologie, degrés-jours, maturité, dormance, conservation, Épinette blanche, *Picea glauca*.

Abstract

Previous works showed that White spruce seeds may be scattered at an immature stage on northernmost stations. This study tries to determine the presence of an eventual relationship between this phenomenon and the loss of degree-days observed during certain years on northernmost sites. In this sense, White spruce cones were harvested in seven northernmost stations during 1992 which was an exceptionally cool year. Phenologically, seed maturity was attained late in comparison with previous years (4,5 to 14 days) without an accumulation of 1 200 degree-days. However, this loss of heat-sum has not influenced the germination rate as compared to the provincial mean. Moreover, these germination rates stayed at the same level after one year of stocking. Only a relatively deep dormancy was observed on seeds of five stations. This embryo dormancy is attributed to the late period of collection.

Key words : seed, phenology, degree-days, maturity, dormancy, stocking, White spruce, *Picea glauca*.

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

Tableau 1. Caractéristiques et localisation géographique des provenances et des stations météorologiques, dates de récolte de cônes et nombre de degrés-jours correspondant

Provenances ¹					Station météorologique		
Nom	Unité de gestion ou région	Zone écologique	Longitude Latitude	Date de Récolte	Nom	Longitude Latitude	Degrés-jours (°C) ²
Chardon	23	8f	48° 32' N 71° 45' O	8 septembre	Péribonka	48° 50' N 72° 03' O	1121 (-103)
Normandin	25	6a	48° 46' N 72° 31' O	31 août	Normandin	48° 46' N 72° 31' O	1030 (-122)
Langelier	04	7a2	47° 38' N 72° 45' O	25 août	Hérouxville	46° 40' N 72° 37' O	1197 (-100)
D' Aillon	06	7a2	46° 59' N 74° 37' O	31 août	Mont-Laurier	46° 33' N 75° 30' O	1143 (-161)
Hébécourt	85	8c1	48° 28' N 79° 27' O	31 août	La Sarre	48° 48' N 79° 12' O	899 (-242)
Escoumins	91	6c	48° 24' N 69° 26' O	2 septembre	Les Buissons	49° 06' N 68° 23' O	887 (-147)
Rivière-aux-Outardes	93	11a	49° 45' N 69° 06' O	8 septembre	Baie-Comeau	49° 13' N 68° 09' O	905 (-60)

¹ Information transmise par le Service de la production de plants (MRN).

² La valeur présentée entre parenthèses indique l'écart par rapport à la moyenne annuelle.

Introduction

La production de graines de grande qualité est à la base de tout programme de reboisement. De nombreux travaux ont déjà démontré l'importance de la date de récolte des cônes sur la qualité des graines produites (BARNETT 1979, EDWARDS 1979, YOUNG et YOUNG 1986, MASSE 1992, MERCIER 1992) et ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les cônes de l'Épinette blanche (STIELL 1981, MORISSETTE et GRENIER 1987, MERCIER 1991a). Le développement des cônes de cette espèce est fortement influencé par l'accumulation de la chaleur au cours de la saison de croissance (OWENS et MOLDER 1979). Plus précisément, il existerait un lien entre l'accumulation des degrés-jours et la vitesse de maturation des graines (WINSTON et HADDON 1981, SMITH 1983, MORISSETTE et GRENIER 1987, MOSSELER et TRICCO 1991, MERCIER et LANGLOIS 1993). Tous ces auteurs estiment que la maturité des graines est atteinte lorsqu'il y a une accumulation d'au moins 1 200 degrés-jours.

Toutefois, certains travaux ont démontré que les graines provenant de milieux nordiques (c'est-à-dire des aires de production de graines destinées au reboisement localisées à des latitudes septentrionales ou à des altitudes élevées) peuvent, certaines années et sur certains sites, ne jamais atteindre leur maturité en raison du manque d'accumulation de chaleur au cours de la saison de croissance (ZASADA 1973, ZASADA *et al.* 1978, BERGMAN 1981, HELLMUM *et al.* 1983, ZASADA 1987). De plus, certains travaux ont démontré que le rendement en cônes et la qualité des graines de l'Épinette blanche dans les milieux nordiques sont relativement faibles par rapport aux peuplements méridionaux (MORIN 1986). En ce sens, LÄHDE (1985) trouve une relation entre l'augmentation de la latitude et la réduction de la taille des cônes et que dans ces derniers, le taux de germination des graines produites diminue. L'auteur attribue ces corrélations au nombre de degrés-jours qui diminue avec la latitude.

Déjà, une étude antérieure a décelé la présence de graines immatures lors de l'ouverture des cônes d'Épinette blanche dans la région des Escoumins au Québec (MERCIER 1991a). Cette étude recommandait alors de suivre la maturation des cônes provenant de peuplements nordiques afin de vérifier l'effet du déficit d'accumulation de chaleur sur la qualité des graines produites. De plus, il apparaît que la récolte précoce des cônes peut nuire sérieusement à la conservation des graines (MULLER 1974, YOUNG et YOUNG 1986, MERCIER 1991a).

Certains auteurs estiment qu'il existe chez les graines au moins deux types d'immaturité (EDWARDS 1980, HELLMUM *et al.* 1983). Le premier type est caractérisé par un développement partiel des embryons à la fin de la saison de croissance. Le second type est davantage d'ordre physiologique alors que la graine ne possède pas tous les éléments biochimiques nécessaires au maintien de sa vitalité après la saison de croissance. Ce second type d'immaturité peut être présent à la fin de la saison même si, par son apparence morphologique, l'embryon semble être rendu à maturité. C'est pour cette raison que ce dernier type d'immaturité est

plus difficile à déceler. Dans notre étude, nous nous intéresserons davantage à l'immaturité morphologique de l'embryon.

Par ailleurs, aucune expérimentation n'a étudié la dormance des graines de peuplements situés en milieu nordique. Toutefois, la récolte tardive des cônes peut accentuer la dormance des graines d'épinette blanche (QUATRANO 1987, BETTEZ et MERCIER 1992, MERCIER 1993).

Cette étude vise donc à déterminer i) l'état de maturité, ii) la profondeur de la dormance et iii) la conservation durant un an des graines de l'Épinette blanche provenant des peuplements nordiques au cours de la saison de croissance 1992, qui fut particulièrement froide. En outre, cette étude pourrait déterminer si une graine immature d'Épinette blanche peut être disséminée naturellement.

Matériel et méthodes

Sept provenances d'épinette blanche, âgées de 30 à 60 ans, ont été étudiées entre la fin août et la mi-septembre 1992 (tableau 1). Chacun des sites a été sélectionné en raison de sa proximité d'une station météorologique. Une récolte de 50 cônes a eu lieu sur dix arbres par provenance.

Trente cônes ont été prélevés de manière à extraire suffisamment de graines pour réaliser les tests de germination. Les graines ont été extraites après 10 semaines d'entreposage des cônes dans un séchoir à l'air libre, avant d'être séchées à 53 °C durant 8 heures. L'extraction a été complétée à l'aide d'un brassage mécanique des cônes dans des sacs de papier. Le désailage s'est fait par frottement mécanique des graines entre elles dans un sac de coton. Le nettoyage final faisait appel à une souffleuse à graines dont la vitesse était constante pour tous les lots de graines. Ces dernières étaient ensuite conservées à l'obscurité à 4 °C jusqu'à leur utilisation pour les tests de germination qui ont eu lieu respectivement dix semaines et un an après leur récolte. Seules les graines de la provenance Rivière-aux-Outardes (U.G. 93) n'ont pu être testées après une année de conservation à cause du nombre restreint de graines produites.

Le taux de germination exprimé en pourcentage a servi à mesurer l'état de maturité des graines selon les recommandations de l'*International Seed Testing Association* (1985); les essais ont été menés dans des plats de germination (*Spencer-Lemaire Ind. Ltd.*) avec un substrat humide composé de feuilles celluloseuses crêpées (*Kimpak*), supporté par une grille sous laquelle il y avait un réservoir d'eau ozonisée. Quatre répétitions de 100 graines de chaque lot étaient placées aléatoirement dans les plats avec une stratification humide de 21 jours à 4 °C alors que quatre autres lots n'étaient pas stratifiés (test double). La germination de ces huit lots a été réalisée dans un germeoir (*Convion G-30*) avec une alternance de 8 heures de lumière à 30 °C et de 16 heures d'obscurité à 20 °C durant 21 jours. Les graines étaient considérées comme germées lorsque les cotylédons devenaient visibles. La dormance était évaluée à partir de la

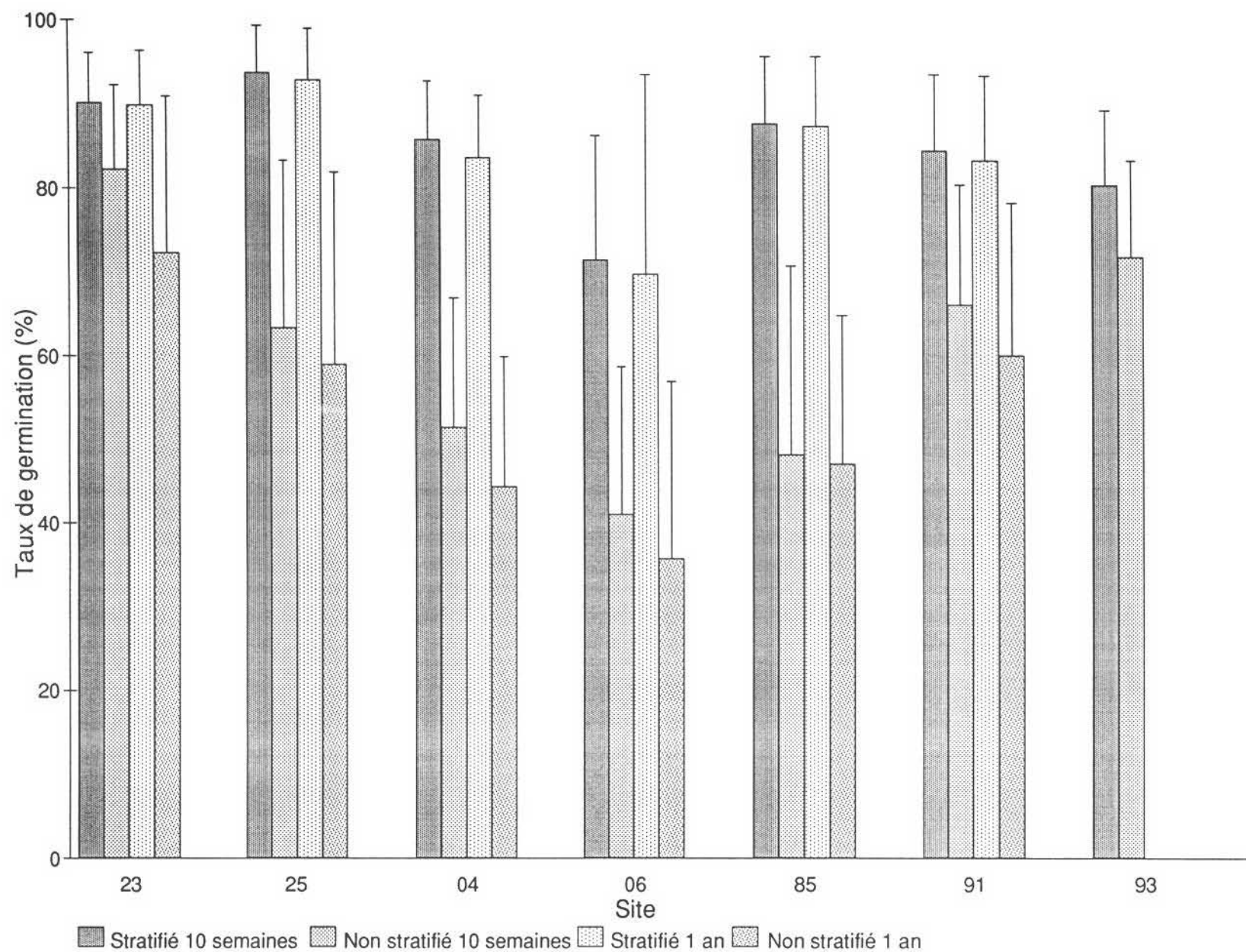


Figure 1. Taux moyen de germination des graines de l'Épinette blanche avec et sans le traitement de stratification préalable pour chacune des provenances et après 10 semaines et une année de conservation. La barre verticale indique l'écart type.

différence obtenue entre les résultats des tests de germination précédés d'une stratification et des mêmes résultats sans stratification.

Les deux indicateurs de maturité retenus ont été le test de flottaison et la mesure de la longueur embryonnaire (selon la formule consacrée). Pour ce faire, deux répétitions de 10 cônes ont été nécessaires aux tests de flottaison. Ce test consiste à plonger les dix cônes dans une solution de méthanol dilué de manière à obtenir une densité de 0,93 g/l. Le pourcentage de flottaison a été déterminé à partir du rapport (MERCIER 1993);

$$[1] \text{ Taux de flottaison} = \frac{\text{Nombre de cônes flottant}}{\text{Nombre total de cônes}} \times 100$$

La longueur embryonnaire a été mesurée à partir de cinq cônes pris au hasard parmi ceux utilisés pour le test de flottaison. Elle a été évaluée avec un binoculaire comportant une graduation interne et rapportée au pourcentage selon la formule suivante (STIELL 1981);

$$[2] \text{ Longueur embryonnaire} = \frac{\text{Longueur de l'embryon}}{\text{Longueur de la cavité embryonnaire}} \times 100$$

Les températures journalières ont été déterminées à partir des stations météorologiques les plus proches des sites expérimentaux (tableau 1). Ces stations font parties du Réseau d'avertissements phytosanitaires du Québec (ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). L'accumulation de chaleur a été déterminée à l'aide de la sommation des degrés-jours quotidiens (SDJ) définie par la formule :

$$[3] \text{ SDJ} = \sum_j \left\{ \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} \right\}_j - 5^\circ \text{C}$$

où : j = Chacune des journées comprises entre le début de la saison de croissance et la date de récolte des cônes et dont la température moyenne était égale ou supérieure à 5°C

$T_{\min}$ = température journalière minimale de la j^{e} journée

$T_{\max}$ = température journalière maximale de la j^{e} journée

pour la période comprise entre le début de la saison de croissance et la date de récolte des cônes.

L'analyse de la variance, le test de LSD de Fisher et les coefficients de corrélation de Spearman ont été réalisés pour les taux de germination avec et sans stratification préalable, la longueur embryonnaire et le taux de flottaison des cônes au moyen du logiciel SAS, version 6.04 (SAS INSTITUTE INC. 1985), après en avoir vérifié la normalité.

Résultats

Les récoltes des cônes se sont étalées entre le 25 août et le 8 septembre 1992 selon les régions (tableau 1). Ce dernier tableau montre que toutes les récoltes de cônes ont eu lieu sans qu'il y ait eu une accumulation minimale de 1 200 degrés-jours. En fait, l'accumulation de chaleur au moment de la récolte oscillait entre 887 et 1 197 degrés-jours selon les provenances. On peut remarquer sur ce même tableau que l'ensemble du Québec était phénologiquement en retard cette année-là, comparativement aux années antérieures, puisque l'écart par rapport à la moyenne générale est considérable (entre - 60 et - 242 degrés-jours).

La figure 1 présente les résultats des taux moyens de germination avec et sans traitement de stratification pour chacune des provenances et après 10 semaines et une année de conservation des graines. On remarque dans un premier temps que le taux de germination avec une stratification après dix semaines d'entreposage donne une moyenne générale de 84,8 %. Par comparaison, les lots de graines qui n'ont pas subi de traitement de stratification ont des taux de germination qui sont nettement inférieurs, avec une valeur moyenne de 60,6 %. La différence entre ces deux moyennes est très significative (tableau 2) et le test de LSD a décelé que seules les provenances Chardon (U.G. 23) et Rivière-aux-Outardes (U.G.93) ne présentaient pas de différence significative. Si on exclut ces deux dernières provenances, les lots de graines produites sont donc très dormants et l'écart qui sépare les lots stratifiés des lots non stratifiés est supérieur à 30 %. De plus, la variance est plus élevée entre les lots de graines qui n'ont pas subi de traitement de stratification : la variance moyenne est égale à 79,82 pour les lots avec stratification, comparativement à 271,09 pour les lots sans stratification.

Aucune différence significative n'a été observée entre les tests de germination avec stratification ($F = 0,16$; $PR > F = 0,6919$) et sans stratification ($F = 2,19$; $PR > F = 0,1416$) après une année de conservation des graines. Ainsi, la profondeur de la dormance des graines est demeurée identique à l'exception des lots de la provenance Chardon (U.G. 23) qui sont entrés en dormance au cours de la conservation (tableau 3). De plus, on remarque que les variances moyennes sont beaucoup plus élevées après une année de conservation, même si les traitements avec stratification donnent des valeurs plus faibles : la variance moyenne est égale à 145,24 avec stratification et à 368,54 sans stratification.

La longueur embryonnaire est relativement stable et uniforme, avec une valeur moyenne de 85 % (figure 2). D'ailleurs, on peut remarquer sur la figure 2 que les écarts types pour chacune des provenances sont très faibles. À l'inverse, les taux moyens de flottaison des cônes présentent des variations beaucoup plus fortes alors que leur moyenne générale était de 51 % (figure 3). Le tableau 4 fait ressortir qu'il existe peu de relation entre les paramètres étudiés. Seule la germination sans stratification préalable et la longueur embryonnaire fournissent un coefficient de corrélation intéressant ($r_s = 0,72$).

Tableau 2. Analyse de la variance des tests de germination avec et sans traitement de stratification préalable réalisés après 10 semaines d'entreposage des cônes

Source	DI	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	$PR > F$	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	13	36191,28	2783,95	15,83	0,0001***	0,62	18,3	72,6 %
Erreur	126	22165,60	175,92					
Total corrigé	139	58356,89						

*** Indique la présence de différences très significatives avec un seuil de précision de 99 %.

Tableau 3. Analyse de la variance des tests de germination avec et sans traitement de stratification préalable réalisés après une année de conservation des graines

Source	DI	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Valeur de F	$PR > F$	R^2	C.V.	Moyenne
Modèle	11	37062,67	3369,33	13,35	0,0001***	0,60	23,1	68,7 %
Erreur	96	24228,98	252,38					
Total corrigé	107	61291,65						

*** Indique la présence de différences très significatives avec un seuil de précision de 99 %.

Tableau 4. Coefficients de corrélation de Spearman entre les taux de germination à 10 semaines avec et sans stratification préalable des graines, la longueur embryonnaire et le taux de flottaison des cônes^{1, 2}

Variabes	1	2	3	4
1. Germination avec stratification	1,00000	0,28571	0,09092	-0,35714
2. Germination sans stratification		1,00000	0,72739	0,03571
3. Longueur de l'embryon			1,00000	-0,30914
4. Taux de flottaison des cônes				1,00000

¹ Niveau de signification $\alpha = 0,05$

² $n = 70$

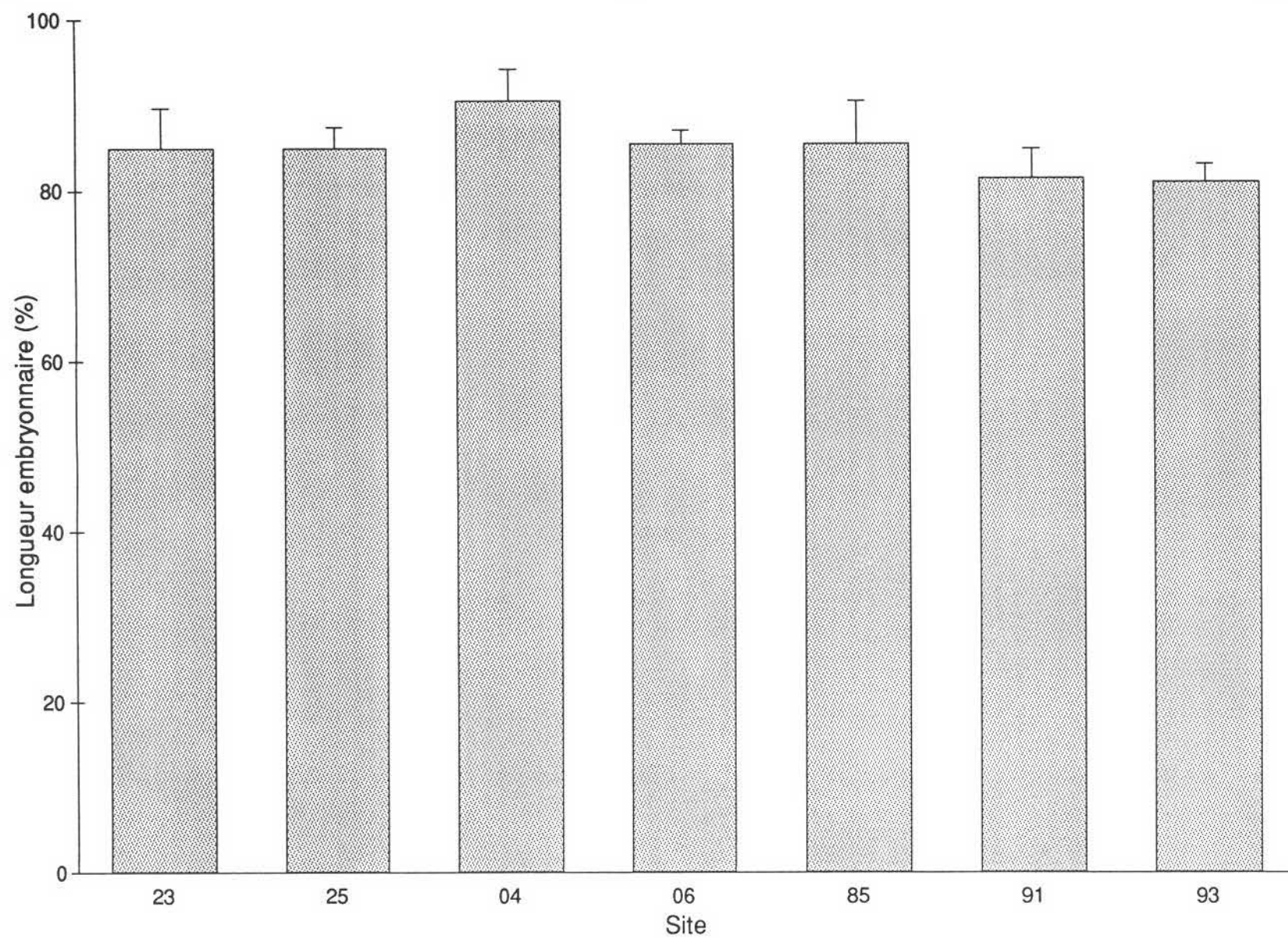


Figure 2. Longueur moyenne de l'embryon des graines de l'Épinette blanche pour chacune des provenances. La barre verticale indique l'écart type.

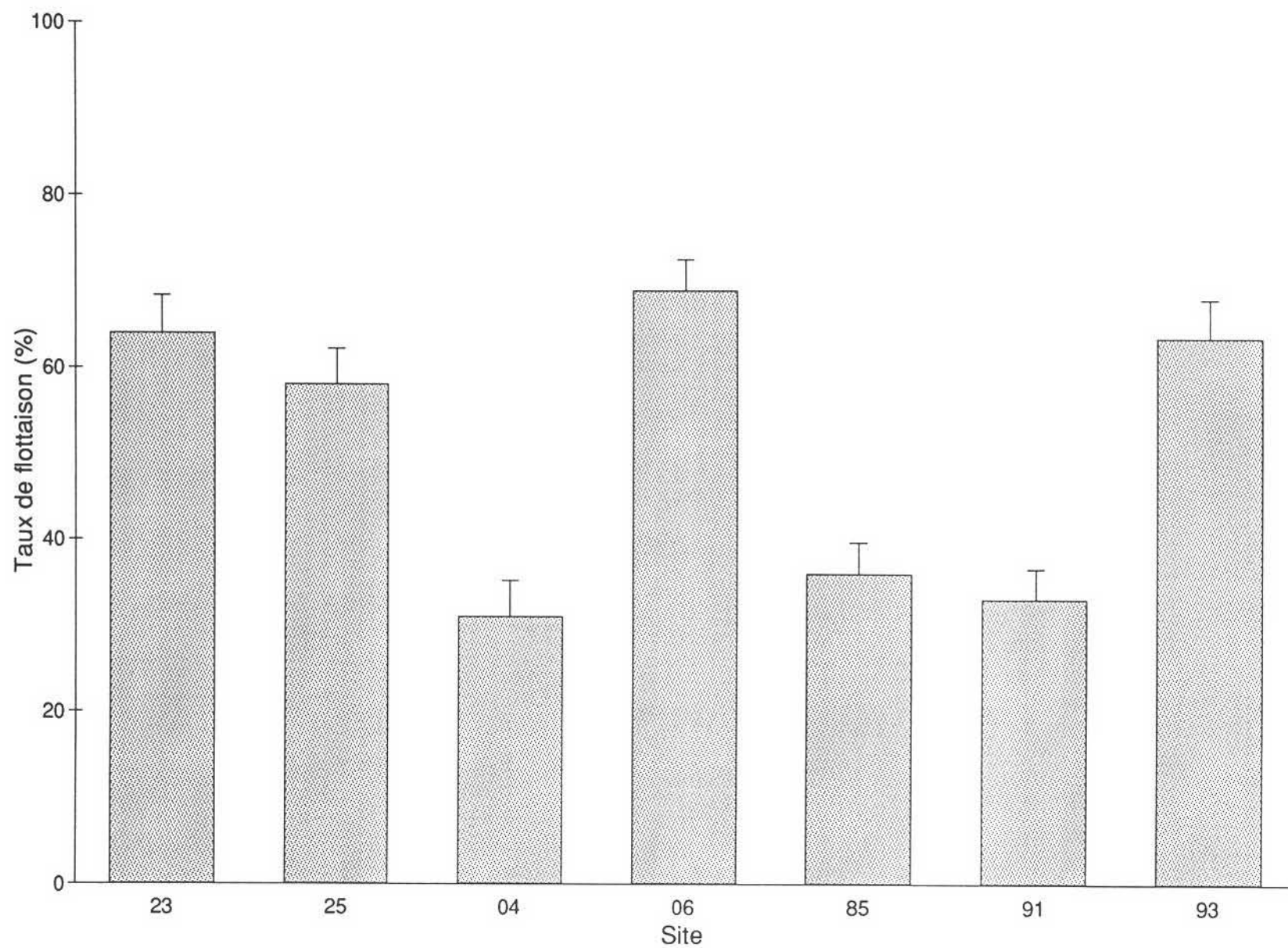


Figure 3. Taux moyen de flottaison des cônes de l'Épinette blanche pour chacune des provenances. La barre verticale indique l'écart type.

Discussion

La saison de croissance 1992 fut exceptionnellement froide et elle ne présentait pas vraiment les conditions idéales au développement des cônes. Ces piètres conditions climatiques sont certainement la cause de la récolte de cônes beaucoup plus tardive qu'à la normale, qui se situe généralement vers la troisième semaine du mois d'août (GRENIER 1992). Si l'on considère que la température moyenne journalière à la fin du mois d'août se situe autour de 15 °C, on peut raisonnablement affirmer que la phénologie des cônes de l'épinette blanche était retardée de 4,5 à 14 jours par rapport aux années dites normales.

À priori, les conditions extrêmes observées au cours de la saison 1992 semblaient être néfastes à la production de graines matures puisque les graines ont été disséminées sans que le seuil de 1 200 degrés-jours ne soit atteint. Cette situation demeure néanmoins optimale pour étudier la présence de graines disséminées à l'état d'immaturité puisque de telles graines n'ont été remarquées que lors de saisons de croissance particulièrement froides et sur des sites septentrionaux ou à altitude élevée (ZASADA 1973, 1978, BERGMAN 1981, HELLMUM *et al.* 1983, ZASADA 1987).

Plusieurs études ont démontré l'importance de récolter les graines à la maturité. En effet, les cônes matures ont un meilleur rendement en graines (SMITH 1993), leurs graines se conservent mieux (MULLER 1974, YOUNG et YOUNG 1986, MERCIER 1991a) et l'état phytosanitaire des graines matures est supérieur (MERCIER 1991b). L'importance accordée à la période de maturité doit donc être primordiale.

Les taux de germination des graines produites en 1992 par les peuplements dits nordiques sont excellents, comparativement à la moyenne qui se situe autour de 74 % (GRENIER 1992). C'est donc dire que les résultats obtenus dans cette étude sont nettement supérieurs à la moyenne. Il est probable qu'une partie de cet écart entre les valeurs puisse s'expliquer par le mode d'extraction et de nettoyage qui diffère entre l'échelle opérationnelle et l'échelle expérimentale (MERCIER *et al.* 1991) mais, de manière générale, les taux de germination à l'échelle opérationnelle ont été particulièrement exceptionnels en 1992 (BRAULT 1993).

Toujours dans le même sens, la longueur embryonnaire qui est reconnue pour être l'un des meilleurs indicateurs de maturité à l'échelle opérationnelle (MERCIER 1991a, 1992, MASSE 1992) indique bien que les graines sont parvenues tout juste à leur maturité au moment de la récolte. Toutefois, le taux de flottaison des cônes est nettement plus faible que la normale et les résultats sont relativement anarchiques. En somme, les graines sont parvenues à maturité même si ce phénomène s'est produit tardivement et que le seuil de 1 200 degrés-jours n'a pas été atteint. Ce résultat se vérifie également par les taux de germination identiques obtenus après une année de conservation. En effet, la conservation des graines n'aurait pas été optimale si ces dernières n'étaient pas parvenues à maturité (MERCIER 1991a).

À première vue, ces observations ne coïncident pas avec celles décrites dans la littérature, qui stipule que la majorité des graines de l'épinette blanche ne parvenaient à maturité qu'après avoir atteint le seuil de 1 200 degrés-jours. ZASADA (1973) suggère que les provenances septentrionales nécessiteraient un nombre de degrés-jours moins élevé pour parvenir à la maturité. Le seuil de 1 200 degrés-jours ne serait donc valide que pour les peuplements plus méridionaux. Par ailleurs, il semblerait que les piètres taux de germination observés dans la région de la Côte-Nord en 1989 (MERCIER 1991a) seraient dus à des causes autres que le manque de degrés-jours.

Les résultats démontrent que la dormance des graines est très profonde pour l'ensemble des lots. Ce niveau de dormance est supérieur à la moyenne puisqu'en général, seul le tiers des provenances ont une dormance, souvent légère (CARON *et al.* 1990). En fait, certains auteurs pensent qu'une récolte tardive des graines peut induire la dormance embryonnaire (GORDEN et LODGE 1978, QUATRANO 1987, LE PAGE-DEGIVRY et BULARD 1988). De plus, on remarque que les lots qui ne sont pas stratifiés ont un taux de germination très hétérogène entre les arbres d'une même provenance. La présence d'une dormance ainsi que l'hétérogénéité de la germination nuisent à la production de plants puisqu'elles obligent les pépiniéristes à réaliser une opération de stratification et de *priming* à grande échelle de leurs lots avant l'ensemencement. Certains chercheurs pensent toutefois que la dormance permet une meilleure conservation des graines (KOLOTELO 1993).

Conclusion

La saison de croissance 1992 a connu des conditions climatiques particulièrement froides qui ont eu comme conséquence de retarder la phénologie des cônes de l'épinette blanche. Les graines sont parvenues à maturité très tardivement par rapport aux années précédentes, bien que le seuil de 1 200 degrés-jours n'ait pu être atteint. Malgré ce retard phénologique, le taux de germination a été particulièrement élevé. De plus, ce taux s'est maintenu après une année de conservation. Contrairement à l'hypothèse de départ, les graines n'ont pas été disséminées à l'état immature et certains auteurs croient en fait que les peuplements situés sur des sites septentrionaux exigent moins de degrés-jours pour le développement de leurs graines. Néanmoins, ces lots de graines ont dans l'ensemble une dormance embryonnaire très profonde qui s'explique en bonne partie par le moment de récolte tardif dans la saison. Cette dormance obligera les pépiniéristes à stratifier leurs lots de graines afin d'obtenir des taux de germination optimaux lors de l'ensemencement.

Remerciements

Mes sincères remerciements s'adressent à monsieur Carol Parent, du Service de l'amélioration des arbres du ministère des Ressources naturelles (Forêts), qui a réalisé les tests de germination et les travaux en laboratoire. J'aimerais également remercier monsieur Luc Desrosiers, du Service de la production de plants (MRN Forêts), qui a coordonné les équipes de travail sur le terrain, ainsi que les Régions administratives 04, 06 et les Unités de gestion 23, 25, 85, 91 et 93 du MRN pour leur précieuse collaboration.

Cette étude est inscrite dans le projet de recherche n° 3410-032080 (02-01) du Service de l'amélioration des arbres.

Références

- BARNETT, J.P., 1979. *Maturation of tree seeds*. South. For. Exp. Station, USDA Forest Service, Pineville, Louisiana, U.S.A. 16 p.
- BETTEZ, M. et S. MERCIER, 1992. *La dormance ou le « verrou biologique » de la semence*. Comptes rendus du Colloque sur les semences forestières. Ministère des Forêts, Direction de la recherche, les 12 et 13 février, Sainte-Foy, Québec : 151-158.
- BERGMAN, F., 1981. *Seed availability, cone collection, and natural regeneration*. Dans : M. Murray, éd. Forest regeneration at high altitudes : experience from northern Sweden. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-132 : 21-23.
- BRAULT, N., 1993. Communication personnelle. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, Centre des semences forestières de Berthier.
- CARON, G.-É., B.S.P. WANG et H.O. SCHOOLEY, 1990. *Effect of tree spacing, cone storage and prechilling on germination of Picea glauca seed*. For. Chron. 66(4) : 388-392.
- EDWARDS, D.G.W., 1979. *Cone collection and processing. Effects on seed quality and yield*. Dans : R.F. Huber, éditeur. High-quality collection and production of conifer seed. Proc. Workshop held Nov. 1979, Edmonton. Can. For. Serv., Inf. Rep. NO-X-235 : 12-37.
- EDWARDS, D.G.W., 1980. *Maturity and quality of tree seed : a state-of-the-art review*. Seed Sci. Technol. 8 : 625-657.
- GORDEN, A.E. et A. LODGE, 1978. *The effect of seed maturity on the dormancy and the viability of British produced Douglas-fir and Sitka spruce seeds*. Dans : Proc. of the Symposium on flowering and seed development in tree, Mississippi, 15-18 May : 362.
- GRENIER, J., 1992. *Petit manuel des semences forestières au Québec*. Ministère des Forêts, Direction de l'assistance technique, Service de la production de plants. 59 p.
- HELLUM, A.K., A. LOKEN et S. GJELSVIK, 1983. *Seed and cone maturity in Pinus contorta from Alberta, Canada 1980*. Univ. Alta. Agric. For. Bull. 6(3) : 24-30.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1985. *Règles internationales pour les essais de semences*. Seed Sci. Technol. 13 (Suppl. 2) : 1-236.
- KOLOTELO, D., 1993. Communication personnelle. Tree Seed Center, Surrey, Colombie-Britannique.
- LÄHDE, E., 1975. *Variation in cone size, cone crops and seed quality of Pinus sylvestris in northern Finland*. For. Abstr. 38 : 206.
- LE PAGE-DEGIVRY, M.-T. et C. BULARD, 1988. *L'acide abscisique dans la régulation du développement embryonnaire et de la germination*. Bull. Soc. Bot. Fr. 135(4) : 19-32.
- MASSE, L., 1992. *L'approvisionnement en semences forestières*. Ministère des Forêts, Direction de l'assistance technique, Service de la production de plants. 193 p.
- MERCIER, S., 1991a. *Maturation et indice de maturité des semences d'Épinette blanche*. Ministère des Forêts, Direction de la recherche. Mémoire de recherche forestière n° 103. 62 p.
- MERCIER, S., 1991b. *Phase de maturation des semences de Picea glauca*. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval. 81 p.
- MERCIER, S., 1992. *À chaque espèce, son temps de récolte : le cas du pin blanc et du pin rouge*. Dans : Comptes rendus du Colloque sur les semences forestières. Ministère des Forêts, Direction de la recherche, les 12 et 13 février, Québec : 103-112.
- MERCIER, S., 1993. *Dormancy in tree seed : physiological approach and some solutions*. Dans : Workshop on tree seed processing and testing, Tree Seed Working Group, Canadian Tree Improvement Association, August 15-19. 17 p.
- MERCIER, S., T. MORISSETTE et D. BLANCHETTE, 1991. *Évaluation des cônes de pin gris en vue de la récolte de semences de qualité*. Ministère des Forêts, Direction de la recherche. Mémoire de recherche forestière n° 101. 42 p.
- MERCIER, S. et C.-G. LANGLOIS, 1993. *Relationship between Epilobium angustifolium phenology and Picea glauca seed maturation*. For. Ecol. Manag. 59 : 115-125.
- MORIN, H., 1986. *La régénération de l'épinette blanche dans les étages montagnards*. Nat. Can. 113 : 347-354.
- MORISSETTE, T. et J. GRENIER, 1987. *Étude sur les indices de maturité des cônes et des semences d'épinette blanche*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la régénération forestière. 22 p.

- MOSELER, A. et P. TRICCO, 1991. *Seed yield and quality from early cone collections in Newfoundland populations of black and white spruce*. Forestry Canada, Newfoundland and Labrador Region. Information Report N-X-281. 11 p.
- MULLER, C., 1974. *La post-maturation des graines d'Abies nordmanniana*. Rev. For. Franç. 23(4) : 436-439.
- OWENS, J.N. et M. MOLDER, 1979. *Sexual reproduction of White Spruce (Picea glauca)*. Can. J. Bot. 57 : 152-159.
- QUATRANO, R.S., 1987. *The role of hormones during seed development*. Dans : P.J. Davies, éd. *Plant hormones and their role in plant growth and development*. Martinus Nijhoff Pub. : 494-514.
- SAS INSTITUTE INC., 1985. *SAS user's guide : statistics*. 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. 956 p.
- SMITH, R.F., 1983. *How early can white spruce cones be collected ?* Maritimes Forest Research Center. Technical Note 92. 2 p.
- STIELL, W.M., 1981. *L'épinette blanche : régénération artificielle au Canada*. Environnement Canada, Service canadien des forêts, Institut d'aménagement forestier. Rapp. FMR-X-85. 59 p.
- WINSTON, D.A. et B.D. HADDON, 1981. *Effects of early cone collection and artificial opening on White Spruce and Red Pine germination*. Can. J. For. Res. 11 : 817-826.
- YOUNG, J.A. et C.G. YOUNG, 1986. *Collecting, processing and germinating seeds of wildland plants*. Timber Press, Portland, Oregon. 236 p.
- ZASADA, J.C., 1973. *Effect of cone storage method and collection date on Alaskan White Spruce (Picea glauca) seed quality*. Proc. Internat. Symp. Seed Processing, IUFRO, Bergen, Norvège. 19 p.
- ZASADA, J.C., 1987. *Embryo growth in Alaskan White Spruce seeds*. Can. J. For. Res. 18 : 64-67.
- ZASADA, J.C., M.J. FOOTE, F.J. DENEKE et R.H. PARKENSON, 1978. *Case history of an excellent White Spruce cone and seed crop in interior Alaska : cone and seed production, germination, and seedling survival*. USDA, For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-65. 12 p.



Gouvernement du Québec
**Ministère des Ressources
naturelles**

FQ94-3052

ISSN 0834-4833

ISBN 2-550-29320-7

Dépôt légal 1994

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© Gouvernement du Québec 1994