



Note de recherche forestière n° 49

Étude phénologique de l'anthèse de quelques espèces forestières en relation avec les degrés-jours et le nombre de jours

Ante STIPANIC¹ et Stéphan MERCIER²

F.D.C. 161(047.3)(714)
L.C. QK 914

Résumé

Des observations sur le développement floral ont été effectuées entre 1988 et 1992 lors des travaux de croisement dirigé sur quatre espèces résineuses : l'épinette noire, l'épinette de Norvège, le pin gris et le mélèze d'Europe. Le but de ce travail est de trouver des indicateurs qui permettraient de prévoir à l'avance les dates de dissémination du pollen et de réceptivité des fleurs femelles. Les paramètres étudiés sont le nombre de jours écoulés et l'accumulation des degrés-jours (température de référence = 1 °C). Les résultats obtenus démontrent que les deux paramètres sont des indicateurs valables pour estimer la date de maturité des fleurs mâles et de réceptivité des fleurs femelles chez les quatre espèces étudiées. Cependant il faut noter que le nombre de jours donne des indications plus précises. Les deux seules exceptions sont la date de réceptivité des fleurs femelles de l'épinette noire et la date de dissémination du pollen chez le mélèze d'Europe. Dans le premier cas, les deux paramètres ont des coefficients de variation très proches alors que dans le second cas, ce sont les degrés-jours qui représentent l'indicateur le plus précis. En complément, le rendement en pollen des fleurs mâles de 18 espèces est présenté sous forme de tableau. Des études plus élaborées sur le développement floral sont recommandées.

Mots-clés : phénologie, degrés-jours, nombre de jours, anthèse, dissémination du pollen, réceptivité des fleurs femelles, *Picea mariana*, *Picea abies*, *Pinus banksiana*, *Larix decidua*, rendement en pollen.

Summary

Observations of flower development were made while doing controlled pollination with four species (black spruce, Norway spruce, jack pine and European larch) from 1988 to 1992. The objective of the project was to identify indicators to help forecast the dates of pollen shedding and female flower receptivity. The parameters studied were number of days and the accumulation of degree-days (1 °C reference temperature). The results obtained show that the two parameters are valid indicators to estimate the maturing date of male flowers and receptivity of female flowers for the four species studied. Nevertheless, the accumulation of light was a more precise indicator than degree-days. There are two exceptions : the receptivity of black spruce female flowers and the date of European larch pollen shedding. In the first case, the two parameters have nearly the same value and in the second case, the degree-days are the more exact indicator. The pollen yield of 18 species is presented in tabular form. Based on the results, more rigorous studies of floral development are recommended.

Key-words : phenology, degree-days, number of days, anthesis, pollen shedding, female flower receptivity, *Picea mariana*, *Picea abies*, *Pinus banksiana*, *Larix decidua*, pollen yield.

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

Tableau 1. Localisation des dispositifs expérimentaux des espèces étudiées et la localisation des stations météorologiques les plus proches

Site expérimental			Station météorologique			Espèces étudiées
Nom	Coordonnées géographiques		Nom	Coordonnées géographiques		
	Latitude N	Longitude O		Latitude N	Longitude O	
Arboretum du Lac-Saint-Ignace	49° 00'	66° 20'	Sainte-Anne-des-Monts	49° 08'	66° 28'	Épinette de Norvège
Station forestière de Valcartier	46° 56'	71° 31'	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	46° 51'	71° 38'	Épinette noire Épinette de Norvège
Arboretum de Duchesnay	46° 53'	71° 37'	Duchesnay	46° 53'	71° 37'	Épinette de Norvège Mélèze d'Europe
Arboretum de Lotbinière	46° 30'	71° 55'	Fortierville	46° 29'	72° 03'	Mélèze d'Europe Pin gris
Centre forestier de Harrington	45° 48'	74° 38'	Lachute	45° 39'	76° 20'	Mélèze d'Europe

Introduction

La prédiction des dates de maturité des fleurs mâles et de réceptivité des fleurs femelles est particulièrement importante lors de la planification des travaux de croisement dirigé. En effet, pour obtenir des semences viables, le pollen doit être récolté le plus près possible de la date de déhiscence naturelle des fleurs mâles et les fleurs femelles doivent être pollinisées durant la période de pleine réceptivité. Cependant, la dissémination du pollen et la réceptivité des fleurs femelles sont de durée courte et variable. Les dates d'apparition de ces deux phénomènes varient non seulement selon les caractéristiques génétiques de chaque arbre, mais aussi selon les conditions environnementales qui prévalent chaque printemps.

Certaines études démontrent que ces variations phénologiques sont dues en bonne partie à l'accumulation de la chaleur (FRANKLIN 1981, MERCIER et STIPANIC 1990). Toutefois il est évident que ce paramètre n'est pas suffisant pour prévoir des périodes de dispersion du pollen et de réceptivité des fleurs femelles (COPIS 1991a, TOSH 1992). D'autres facteurs environnementaux, comme l'accumulation de lumière, peuvent également jouer un rôle très important dans le développement des organes reproducteurs.

Dans cette note de recherche, nous présentons les résultats de nos observations des cinq dernières années sur la relation entre les dates de dissémination du pollen et de réceptivité des fleurs femelles d'une part et le nombre de jours ainsi que l'accumulation de degrés-jours d'autre part. Nous essayons d'évaluer jusqu'à quel point ces relations peuvent servir d'indicateur pour prédire les dates de récolte du pollen et de pollinisation dirigée dans le cas de l'épinette noire, de l'épinette de Norvège, du pin gris et du mélèze d'Europe. Nous ajoutons également à ces résultats un tableau montrant le rendement en pollen des cônes mâles pour les principales espèces forestières utilisées dans le programme d'amélioration génétique des arbres du Québec.

Matériel et méthodes

Espèces étudiées et localisation des sites expérimentaux

Les observations ont été effectuées lors de travaux de croisement dirigé sur l'épinette noire [*Picea mariana* (Mill.) BSP], l'épinette de Norvège [*Picea abies* (L.) Karst.], le pin gris [*Pinus banksiana* Lamb.] et le mélèze d'Europe [*Larix decidua* Mill.]. Ces travaux font partie des activités prévues dans le cadre des projets d'amélioration génétique de différentes espèces résineuses et feuillues qui sont en cours au Service de l'amélioration des arbres du ministère des Forêts (MFO). Les premiers croisements dirigés ont été effectués en 1985, mais c'est depuis le printemps 1988 que ces travaux se font de façon régulière selon la disponibilité des fleurs.

Les observations ont été réalisées dans les plantations expérimentales situées dans trois arboretums du MFO (Lotbinière, Duchesnay et Lac-Saint-Ignace) ainsi qu'à la station forestière de Valcartier (Forêts Canada). En plus, le suivi du développement des fleurs de mélèze d'Europe était

réalisé lors des printemps 1991 et 1992 dans le verger à graines clonal du Centre forestier de Harrington qui appartient à la compagnie Produits forestiers Canadien Pacifique limitée.

Le tableau 1 présente les coordonnées géographiques des sites expérimentaux et des stations météorologiques correspondantes, ainsi que les noms des espèces étudiées à chaque endroit.

Paramètres étudiés

Les températures journalières nous ont été fournies par les stations météorologiques les plus proches des sites expérimentaux. Ces stations font partie du Réseau d'avertissements phytosanitaires du Québec (ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). Dans le cas de l'arboretum de Duchesnay nous nous sommes servi de données enregistrées à la station météorologique de la Société de Conservation de la région Québec-Mauricie située tout près de cet arboretum (tableau 1).

L'accumulation de chaleur a été déterminée à l'aide de la sommation des degrés-jours quotidiens (SDJ) définie par la formule :

$$SDJ = \sum_j \left\{ \frac{(T_{\min} + T_{\max})}{2} \right\}_j - 1^{\circ}\text{C}$$

où

j = chacune des journées comprises entre le 1^{er} avril et la date de dissémination du pollen (ou celle de la réceptivité des fleurs femelles) et dont la température moyenne était égale ou supérieure à 1 °C,

T_{min} = température journalière minimale de la 1^{re} journée et

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

pour la période comprise entre le 1^{er} avril et le jour où, selon les observations oculaires, on a constaté la maturité des fleurs mâles ou la réceptivité des fleurs femelles. Pour les fleurs mâles, le signe de maturité était le début de la dissémination du pollen et pour les fleurs femelles, le déploiement complet des bractées ou des écailles ovulifères, à angle droit par rapport à l'axe de la fleur. Le seuil de 1 °C a été choisi par convention comme température de référence et le 1^{er} avril comme la date de début de sommation des degrés-jours à cause du mélèze d'Europe, dont la floraison est la plus précoce parmi les quatre espèces étudiées. En effet, dans les conditions climatiques des sites où les observations ont été réalisées, les fleurs de mélèze d'Europe se développent durant la deuxième moitié du mois d'avril. Les températures journalières à cette période de l'année à ces endroits sont fréquemment proches du point de congélation.

Le nombre de jours correspond au nombre réel de jours écoulés entre le 1^{er} avril et la date de maturité des fleurs mâles ou de réceptivité des fleurs femelles.

Tableau 2. Dissémination du pollen et réceptivité des fleurs femelles de l'épinette noire en relation avec le nombre de jours et les degrés-jours

Dissémination du pollen				Réceptivité des fleurs femelles			
Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)	Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)
Valcartier	88.05.18	48	183	Valcartier	88.05.25	55	354
Valcartier	89.05.26	56	366	Valcartier	89.05.29	59	404
Valcartier	90.05.28	58	363	Valcartier	90.06.01	62	389
Valcartier	91.05.21	51	314	Valcartier	91.05.25	55	377
Valcartier	92.05.25	55	330	Valcartier	92.05.27	57	346
Moyenne	24 mai	53,6	311		28 mai	57,6	374
Intervalle*	20-28 mai				25-31 mai		
C.V. (%)		6,7	21,6			4,7	5,7

* Niveau de confiance $1 - \alpha = 0,68$

Tableau 3. Dissémination du pollen et réceptivité des fleurs femelles de l'épinette de Norvège en relation avec le nombre de jours et les degrés-jours

Dissémination du pollen				Réceptivité des fleurs femelles			
Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)	Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)
Duchesnay	88.05.19	49	265	Duchesnay	88.05.25	55	347
Duchesnay	89.05.18	48	217	Duchesnay	90.05.20	50	294
Duchesnay	90.05.16	46	265	Lac-Saint-Ignace	90.06.08	69	349
Lac-Saint-Ignace	90.06.04	65	313	Lac-Saint-Ignace	92.06.01	62	294
Lac-Saint-Ignace	92.05.29	59	259	Valcartier	90.05.24	54	311
Valcartier	90.05.18	48	273	Valcartier	92.05.23	53	317
Valcartier	92.05.19	49	248				
Duchesnay et Valcartier							
Moyenne	18 mai	48	254		23 mai	53	317
Intervalle	17-19 mai				21-25 mai		
C.V. (%)		2,3	7,9			3,6	6,0
Toutes les stations							
Moyenne	22 mai	52,0	263		27 mai	57,2	319
Intervalle*	15-29 mai				21 mai-2 juin		
C.V. (%)		13,7	11,0			11,2	7,0

* Niveau de confiance $1 - \alpha = 0,68$

Les observations effectuées sur le terrain portent sur les cinq dernières années (de 1988 à 1992) et les valeurs moyennes ainsi que le degré de variabilité pour chaque paramètre sont comparés à l'aide du coefficient de variation (C.V.) (STEEL et TORRIE 1980).

Le rendement en pollen a été évalué à l'aide de plusieurs échantillons de fleurs mâles récoltées sur les arbres sélectionnés lors des opérations de pollinisation dirigées. L'échantillonnage s'étend sur une à deux années et nombre d'arbres récoltés varie d'une espèce à l'autre. Après la récolte, les fleurs ont été comptées et séchées. Le pollen a été extrait par tamisage. À l'aide d'un cylindre gradué les quantités de pollen obtenues ont été mesurées. Les résultats présentent le volume du pollen en centimètres cubes (cm^3) pour 1 000 fleurs et le nombre de fleurs nécessaires pour obtenir 1 cm^3 de pollen.

Résultats

L'épinette noire

L'ensemble des observations sur la dissémination du pollen et la réceptivité des fleurs femelles de l'épinette noire a été réalisé à la station de Valcartier. Le tableau 2 présente les relations existant entre le nombre de jours, les degrés-jours et les dates de dissémination du pollen et de réceptivité des fleurs femelles de cette espèce. La date de dissémination du pollen de l'épinette noire de Valcartier se situe autour du 24 mai. Le coefficient de variation des degrés-jours est près de trois fois plus élevé que celui du nombre de jours. Il correspond à une accumulation moyenne de 311 °C.

Nous constatons que les fleurs femelles de l'épinette noire à Valcartier sont réceptives en moyenne 4 jours après la dissémination du pollen, c'est-à-dire autour du 28 mai, lorsque 374 degrés-jours ont été accumulés. La variabilité d'une année à l'autre de cette date est très faible, comme l'indiquent les coefficients de variation des paramètres mesurés : 4,7 p. 100 pour le nombre de jours et 5,7 p. 100 pour les degrés-jours. Les deux paramètres semblent donner une précision comparable.

L'épinette de Norvège

Le tableau 3 montre qu'il existe une faible différence entre les coefficients de variation du nombre de jours et de degrés-jours liés à la dissémination du pollen de l'épinette de Norvège. Pour l'ensemble des trois stations, il apparaît que la date de dispersion se situe autour du 22 mai, soit entre le 15 et le 29 mai. Ces dates correspondent à une accumulation de 263 degrés-jours (°C).

En ce qui concerne les fleurs femelles, leur réceptivité apparaît près de 5 jours en moyenne après la dissémination du pollen, soit vers le 27 mai (Tableau 3). Les degrés-jours donnent toutefois des résultats qui sont un peu plus précis avec 319, le coefficient de variation étant égal à 7,0 p. 100, comparativement au nombre de jours, dont le coefficient de variation est de 11,2 p. 100.

Dans les deux cas, c'est-à-dire pour la dissémination du pollen et la réceptivité des fleurs femelles, les résultats obtenus à la station du Lac-Saint-Ignace, par rapport à ceux de Duchesnay et de Valcartier, sont plus variables et font augmenter les écarts-types de tous les paramètres observés. Cependant, cette augmentation des coefficients de variation est beaucoup plus forte pour le nombre de jours que pour les degrés-jours (Tableau 3). Cette constatation démontre que les résultats des observations sont davantage homogènes entre les stations relativement voisines de Valcartier et de Duchesnay. Malheureusement, le faible échantillonnage n'a pas permis de présenter les résultats séparément pour chacune des trois stations.

Le pin gris

Il apparaît que la dissémination du pollen de pin gris de cette station se fait entre le 23 et le 27 mai (Tableau 4). L'accumulation des degrés-jours donne également un coefficient de variation plus faible que ceux des espèces précédentes (7,1 p. 100), mais néanmoins supérieur à celui du nombre de jours.

À la réceptivité des fleurs femelles correspond le coefficient de variation semblable à celui de la dissémination du pollen, en ce qui concerne le nombre de jours (Tableau 4). Les fleurs femelles deviennent réceptives à Lotbinière entre le 26 et le 30 mai, ce qui correspond en moyenne à 3 jours après la date de dissémination du pollen.

Le mélèze d'Europe

Le tableau 5 présente à la fois les moyennes, les intervalles de confiance et les coefficients de variation pour l'ensemble des stations et pour la station de Duchesnay uniquement, et ce, autant pour la dissémination du pollen que pour la réceptivité des fleurs femelles du mélèze d'Europe.

Les résultats montrent que le nombre de jours et l'accumulation des degrés-jours ont des intervalles de confiance beaucoup plus faibles avec les observations qui proviennent d'un même site (Duchesnay) que pour l'ensemble des stations.

Ainsi, nous pouvons remarquer que le coefficient de variation du nombre de jours lié à la dissémination du pollen passe de 13,0 p. 100 pour toutes les stations et 8,6 p. 100 pour la station de Duchesnay. Malgré la différence entre les intervalles de confiance, les moyennes demeurent très proches l'une de l'autre. La dissémination du pollen de mélèze d'Europe dans les trois stations se situe en moyenne le 30 avril (entre le 26 avril et le 4 mai). À la station de Duchesnay, la dissémination a lieu le 2 mai avec un écart compris entre le 29 avril et le 5 mai. Les degrés-jours ont également un meilleur coefficient de variation à la station de Duchesnay avec 7,4 p. 100 par rapport à 11,4 p. 100 pour l'ensemble des stations. Ces valeurs correspondent à 106 °C et à 112 °C respectivement.

Contrairement à la dissémination du pollen, la réceptivité des fleurs femelles ne présente pas de différences entre les coefficients de variation du nombre de jours pour l'ensemble

Tableau 4. Dissémination du pollen et réceptivité des fleurs femelles du pin gris en relation avec le nombre de jours et les degrés-jours

Dissémination du pollen				Réceptivité des fleurs femelles			
Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)	Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)
Lotbinière	88.05.23	53	380	Lotbinière	88.05.26	56	439
Lotbinière	89.05.25	55	370	Lotbinière	89.05.29	59	428
Lotbinière	90.05.28	58	391	Lotbinière	90.05.31	61	417
Lotbinière	91.05.24	54	410	Lotbinière	91.05.27	57	458
Lotbinière	92.05.23	53	330	Lotbinière	92.05.26	56	346
Moyenne	25 mai	54,6	376		28 mai	57,8	418
Intervalle*	23-27 mai				26-30 mai		
C.V. (%)		3,5	7,1			3,3	9,2

* Niveau de confiance $1 - \alpha = 0,68$

Tableau 5. Dissémination du pollen et réceptivité des fleurs femelles du mélèze d'Europe en relation avec le nombre de jours et les degrés-jours

Dissémination du pollen				Réceptivité des fleurs femelles			
Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)	Lieu	Date	Nombre de jours	Degrés-jours (°C)
Duchesnay	88.05.05	35	105	Duchesnay	88.05.10	40	177
Duchesnay	89.05.05	35	96	Duchesnay	89.05.10	40	135
Duchesnay	90.04.30	30	118	Duchesnay	91.05.03	33	148
Duchesnay	91.04.29	29	105	Lotbinière	90.05.04	34	168
Lotbinière	90.04.27	27	102	Lotbinière	91.05.01	31	148
Lotbinière	91.04.27	27	109	Lotbinière	92.05.05	35	92
Harrington	91.04.24	24	124	Harrington	92.05.04	34	138
Harrington	92.05.04	34	138				
Toutes les stations							
Moyenne	30 avril	30,1	112		5 mai	35,3	144
Intervalle*	26 avril-4 mai				2-8 mai		
C.V. (%)		13,0	11,4			9,1	17,6
Duchesnay							
Moyenne	2 mai	32,3	106		8 mai	37,7	153
Intervalle*	29 avril-5 mai				5-11 mai		
C.V. (%)		8,6	7,4			8,8	11,5

* Niveau de confiance $1 - \alpha = 0,68$

des stations et pour la station de Duchesnay. Les deux coefficients de variation sont respectivement de 9,1 et de 8,8 p. 100 pour l'ensemble des stations et pour la station de Duchesnay. Il est à noter que malgré ce faible écart, les dates moyennes de réceptivité sont le 5 mai et le 8 mai respectivement, soit une différence de 3 jours entre les deux groupes. On peut remarquer que la différence entre les deux groupes est un peu plus évidente en ce qui concerne les degrés-jours. En effet, on observe un coefficient de variation de 17,6 p. 100 pour l'ensemble des stations alors qu'il n'est que de 11,5 p. 100 pour Duchesnay. Ces valeurs correspondent à 144 °C et à 153 °C respectivement.

Le rendement en pollen

Le tableau 6 présente le volume de pollen obtenu par 1 000 fleurs mâles de 15 espèces forestières utilisées actuellement dans le programme d'amélioration génétique des arbres au Québec. Les valeurs extrêmes se situent entre 0,7 cm³ pour le mélèze laricin et 67,2 cm³ pour l'épinette blanche.

Discussion

Les résultats présentés dans cette note de recherche ne proviennent pas d'un dispositif expérimental. Il ne s'agit en fait que d'un recueil de données prises lors des opérations de pollinisation dirigée réalisées par le Service de l'amélioration des arbres du ministère des Forêts. Il est donc important de mentionner que les conclusions qui en résultent s'appliquent uniquement aux arbres situés dans les stations utilisées dans cette étude.

La dissémination du pollen et la réceptivité des fleurs femelles se produisent de manière relativement homogène à l'intérieur d'un même peuplement (CARON *et al.* 1992). Ce phénomène s'explique généralement par le fait qu'il existe une certaine homogénéité des conditions environnementales et des génotypes des arbres présents dans la population. Les arbres utilisés dans cette étude sont en fait situés dans des plantations expérimentales (parcs à clones, tests de descendance ou vergers à graines). Les conditions environnementales peuvent être considérées comme étant relativement uniformes à l'intérieur de ces mêmes sites (CARON *et al.* 1992). Par contre la population des arbres observés est composée de différents génotypes qui sont adaptés à des conditions différentes de celles qui prévalent sur le lieu de plantation. La présente étude ne tient pas compte de ces variations intra-population. Il demeure néanmoins intéressant de chercher un indicateur qui estime les périodes de dissémination et de réceptivité de l'ensemble des arbres d'un même site, afin de pouvoir planifier à l'avance les opérations de récolte de pollen et les opérations de pollinisation dirigée.

La majorité des paramètres étudiés fournissent des coefficients de variation qui sont inférieurs à 12 p. 100. Ces résultats sont satisfaisants compte tenu de l'échantillonnage très faible. Il semble alors que l'accumulation de lumière et les degrés-jours sont des indicateurs potentiels pour estimer les périodes de dissémination et de réceptivité pour ces quatre espèces. Toutefois, il ressort que certains de ces paramètres fournissent une indication un peu plus précise que d'autres selon les espèces.

Tableau 6. Rendement en pollen des fleurs mâles de la plupart des espèces forestières utilisées dans le programme d'amélioration génétique des arbres

Espèce	Volume moyen de pollen obtenu par 1000 fleurs (cm ³)	Nombre moyen de fleurs mâles nécessaires pour obtenir 1 cm ³ de pollen		
		Moyenne	Maximum	Minimum
Épinette noire	59,8 ± 15,6	17	23	13
Épinette blanche	67,2 ± 34,4	15	31	10
Épinette de Norvège	58,8 ± 18,6	17	25	13
Épinette rouge	56,6 ± 16,7	18	25	14
Pin gris	12,2 ± 4,0	82	122	62
Pin tordu	18,6 ± 6,8	54	85	39
Pin sylvestre	8,2 ± 4,0	122	238	82
Pin rouge	7,9 ± 2,9	127	200	93
Pin blanc	10,3 ± 3,5	97	147	73
Mélèze laricin	0,7 ± 0,3	1 428	2 500	1 000
Mélèze du Japon	13,7 ± 2,7	73	91	61
Mélèze d'Europe	9,8 ± 1,9	102	127	86
Bouleau à papier*	55,9 ± 29,5	19	38	12
Bouleau verruqueux*	20,0 ± 18,1	50	526	26
Bouleau jaune*	33,6 ± 9,8	29	42	23

*Le volume de pollen a été déterminé à partir d'inflorescences forcées en serre

Tableau 7. Synthèse des résultats obtenus sur la dissémination du pollen pour le mélèze d'Europe, l'épinette de Norvège, l'épinette noire et le pin gris

Espèce	Date de récolte			Degrés-jours (°C)
	Moyenne	Minimum	Maximum	
Mélèze d'Europe (Toutes les stations)	30 avril (13,0 %)	26 avril	4 mai	112 ± 13 (11,4 %)
Mélèze d'Europe (Duchesnay)	2 mai (8,6 %)	29 avril	5 mai	106 ± 8 (7,4 %)
Épinette de Norvège (Toutes les stations)	22 mai (13,7 %)	15 mai	29 mai	263 ± 29 (11,0 %)
Épinette de Norvège (Duchesnay et Valcartier)	18 mai (2,3 %)	17 mai	19 mai	254 ± 20 (7,9 %)
Épinette noire	24 mai (6,7 %)	20 mai	28 mai	311 ± 67 (21,6 %)
Pin gris	25 mai (3,5 %)	23 mai	27 mai	376 ± 27 (7,1 %)

Note : Les valeurs entre parenthèses représentent les coefficients de variation estimés.

Tableau 8. Synthèse des résultats obtenus sur la réceptivité des fleurs femelles du mélèze d'Europe, de l'épinette de Norvège, de l'épinette noire et du pin gris

Espèce	Date de réceptivité			Degrés-jours (°C)
	Moyenne	Minimum	Maximum	
Mélèze d'Europe (Toutes les stations)	5 mai (9,1 %)	2 mai	8 mai	144 25 (17,6 %)
Mélèze d'Europe (Duchesnay)	8 mai (8,8 %)	5 mai	11 mai	153 18 (11,5 %)
Épinette de Norvège (Toutes les stations)	27 mai (11,2 %)	21 mai	2 juin	319 22 (7,0 %)
Épinette de Norvège (Duchesnay et Valcartier)	23 mai (3,6 %)	21 mai	25 mai	317 19 (6,0 %)
Épinette noire	28 mai (4,6 %)	25 mai	31 mai	374 22 (5,7 %)
Pin gris	28 mai (3,3 %)	26 mai	30 mai	418 38 (9,2 %)

Note : Les valeurs entre parenthèses représentent les coefficients de variation estimés.

Les résultats obtenus démontrent que le nombre de jours (qui exprime indirectement l'action de la lumière) et l'accumulation des degrés-jours n'expliquent pas à eux seuls le développement des fleurs mâles et des fleurs femelles. Il semble donc qu'il existe un effet du site. Les coefficients de variation sont en effet plus faibles avec l'épinette noire et le pin gris, dont les observations ont été réalisées sur un même site, qu'avec l'épinette de Norvège et le mélèze d'Europe pour lesquels les observations ont été effectuées sur trois sites différents. Il est important de noter que les stations de Duchesnay et de Valcartier sont relativement voisines et que les résultats obtenus sont également très proches. Les coefficients de variation du nombre de jours et des degrés-jours de la dissémination du pollen et de la réceptivité des fleurs femelles du mélèze d'Europe et d'épinette de Norvège sur l'ensemble des stations sont relativement élevés. À l'inverse, ceux provenant d'une station unique sont beaucoup plus faibles, ce qui permet de confirmer que le nombre de jours et l'accumulation de la chaleur ne sont pas les seuls facteurs environnementaux qui influencent le développement des fleurs mâles et des fleurs femelles.

L'utilisation du nombre de jours est facilement applicable sur le terrain parce qu'elle ne nécessite que la connaissance de dates du calendrier régulier. On peut se fier au nombre de jours pour estimer adéquatement l'accumulation de lumière liée à l'anthèse des espèces étudiées pour un site donné. Le tableau 7 présente la synthèse des résultats obtenus sur la dissémination du pollen pour les quatre espèces étudiées. À la lumière de ce tableau, on se rend compte que le nombre de jours constitue un meilleur **estimateur** de la période de dissémination du pollen pour l'épinette noire, le pin gris et l'épinette de Norvège. Pour le mélèze d'Europe par contre les degrés-jours fournissent une meilleure information.

La synthèse des résultats sur la réceptivité des fleurs femelles est représentée au tableau 8. Dans ce cas, le nombre de jours fournit une information plus adéquate pour toutes les quatre espèces. Cependant, il faut noter que la différence de précision entre le nombre de jours et les degrés-jours est très faible pour l'épinette noire.

L'écart qui sépare la période de dissémination et la période de réceptivité est en moyenne de 5 à 6 jours pour l'ensemble des espèces, à l'exception du pin gris de Lotbinière où l'écart n'est que de 3 jours en moyenne. Ces résultats confirment ceux obtenus par d'autres auteurs pour les mêmes espèces (BARNER et CHRISTIANSEN 1960, HALL et BROWN 1976, FRANKLIN 1981, COPIS 1991a et b). Ce délai demeure très court pour réaliser des opérations à grande échelle de récolte de pollen et de pollinisation dirigée. Il sera donc nécessaire d'envisager les différentes méthodes pratiques de conservation du pollen d'une année à l'autre ou d'accélérer le développement des fleurs mâles pour pallier à ce problème.

Le mélèze du Japon, qui est fréquemment utilisé dans les travaux de croisement dirigé, a un comportement phénologique identique à celui du mélèze d'Europe dans les conditions climatiques des régions où ces deux espèces sont utilisées au Québec (MERCIER et STIPANICIC 1990). C'est pour cette raison qu'il est raisonnable de croire que les résultats

obtenus dans cette étude avec le mélèze d'Europe pourraient s'appliquer également au mélèze du Japon. À l'instar du mélèze laricin, le mélèze d'Europe et le mélèze du Japon commencent leur anthèse très tôt au printemps, en fait, bien avant la fin de la période des gelées printanières. Cette situation peut d'ailleurs provoquer le gel des ovules ce qui explique, au moins en partie, le faible taux de germination des graines chez les mélèzes (BARNER et CHRISTIANSEN 1960, MERCIER 1992).

Le tableau 6 présente les rendements en pollen des fleurs mâles. Quoique les résultats puissent être considérés comme fiables compte tenu du nombre élevé des échantillons mesurés, il est important de rappeler qu'il peut y avoir des fortes différences de volume de pollen produit dans la pratique lors de l'extraction de pollen. La quantité de pollen qu'il est possible d'obtenir de chaque fleur d'une espèce donnée dépend d'une part de la grosseur des inflorescences liée à un effet maternel (FRANKLIN 1981) et, d'autre part, de la maturité de la fleur mâle. Les stades évolutifs de chaque fleur peuvent varier à l'intérieur d'un même arbre dépendamment de l'exposition des branches florifères au soleil ou aux courants d'air.

*

Conclusion

L'étude permet de tirer certaines conclusions intéressantes, bien qu'elles ne s'apparentent pas nécessairement à celles que l'on peut obtenir d'un dispositif expérimental. Les deux paramètres étudiés ont des coefficients de variation très faibles dans la majorité des cas et ils peuvent être utilisés comme indicateurs potentiels pour **estimer** les périodes de dissémination du pollen et de réceptivité des fleurs femelles pour les espèces et les sites étudiés. L'étude ne permet toutefois pas de faire ressortir clairement l'effet du site sur l'anthèse. On remarque qu'il n'y a pas nécessairement d'effet direct du site, mais les résultats montrent que d'autres variables que la lumière influencent sûrement la floraison (ex: variables climatiques, écologiques, pédologiques...), et certaines d'entre elles pourraient être spécifiques à un site. Ce point mérite des études supplémentaires avec un dispositif expérimental plus élaboré. Les résultats présentés dans les tableaux-synthèses 7 et 8 fournissent des indications uniquement pour les espèces mentionnées et pour les sites étudiés et il n'est pas possible, à l'état actuel des connaissances, de les extrapoler aux autres espèces et aux autres sites. En somme, cette étude pourrait servir comme point de départ pour une étude plus élaborée.

Enfin, le tableau 6 présente les rendements en pollen de la majorité des espèces forestières incluses dans le programme d'amélioration génétique des arbres au Québec. Ces résultats peuvent être utilisés dans la pratique pour établir un ordre de grandeur lors de la récolte de cônes mâles requis pour réaliser une pollinisation dirigée.

*

Remerciements

Les auteurs désirent remercier MM. Roger Beaudoin (SAA), Michel Villeneuve (SAA) et Gregory Crook (PFCP) qui ont fourni les renseignements relatifs à la récolte de pollen et à la pollinisation dirigée du pin gris, de l'épinette noire et du mélèze d'Europe respectivement. Nous tenons également à remercier MM. Gaétan Daoust et René Paquet (CFL) pour les données sur le rendement en pollen de l'épinette blanche ainsi que M. Pierre Lortie pour ceux du rendement en pollen des bouleaux. Les auteurs désirent aussi remercier M. Michel Villeneuve et Mme Denise Tousignant pour leurs conseils constructifs après lecture de ce texte.

Références

- BARNER, H. et H. CHRISTIANSEN, 1960. *The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollination in Larix*. Silvae Genet. 9 : 1-11
- CARON, G.-E., A. RAINVILLE, S. MERCIER et M. RIOUX, 1992. *Évaluation dynamique de la contamination pollinique dans un verger clonal d'épinette blanche et un verger de semis d'épinette noire dans le canton d'Estcourt*. Dans : Comptes rendus du Colloque sur les semences forestières. Ministère des Forêts, Direction de la recherche, Sainte-Foy, Québec, 12 et 13 février : 27-42.
- COPIS, P.L., 1991a. *Techniques de pollinisation. I. Collecte du pollen*. Forêts Canada, Rapport technique de l'IFNP n° 4. 5 p.
- COPIS, P.L., 1991b. *Techniques de pollinisation. III. Indice de développement floral et transfert de pollen*. Forêts Canada, Rapport technique de l'IFNP n° 7. 9 p.
- FRANKLIN, E.C., 1981. *Pollen management handbook*. USDA Forest Service, No. 587. 98 p.
- HALL, J.P. et I.R. BROWN, 1976. *Microsporogenesis, pollination and potential yield of seed of Larix in N.E. Scotland*. Silvae Genet. 25(3-4) : 132-137.
- MERCIER, S., 1992. *L'avortement des semences : causes potentielles*. Dans : Comptes rendus du Colloque sur les semences forestières. Ministère des Forêts, Direction de la recherche. Sainte-Foy, Québec, 12 et 13 février 1992 : 67-78.
- MERCIER, S. et A. STIPANICIC, 1990. *Réceptivité des cônes femelles, maturité et technique de forçage des cônes mâles de quelques essences résineuses en relation avec la pollinisation dirigée*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche et du développement. Rapport interne n° 324. 37 p.
- STEEL, R.G.D. et J.H. TORRIE, 1980. *Principles and procedures of statistics : a biometrical approach*. McGraw Hill Co. Second edition, Montréal. 633 p.
- TOSH, K.J., 1992. *The art and science of breeding tamarack*. Government of Ontario, Ministry of Forests, Cross Talk Bulletin No. 2 : 8-9.

*

« L'être qui sait la beauté des fleurs
ne peut pas désespérer du sens de l'univers »



Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts
Direction de la recherche

FQ93-3104

ISSN 0834-4388
ISBN 2-550-28059-8
Dépôt légal - 1993

Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© Gouvernement du Québec 1993