

Variabilité naturelle du mélèze. II. Mélèze du Japon : bilan de 36 ans de test comparatif de provenances

LE Pâques

Station d'amélioration des arbres forestiers, Inra, 45160 Ardon, France

(Reçu le 6 juillet 1994 ; accepté le 7 juillet 1995)

Résumé — Les performances à 36 ans de 12 provenances de mélèze du Japon parmi les 25 testées dans le réseau international IUFRO sont présentées à partir du plus ancien dispositif français installé en Bretagne. Comparé à son homologue européen, le mélèze du Japon est caractérisé par une variabilité naturelle très réduite pour la plupart des caractères d'intérêt économique. De plus, cette variabilité a une structuration complexe. Elle ne semble ni clinale, ni écotypique, ni liée aux régions de provenance mais plutôt réparties entre peuplements comme l'indiquent certaines études. Pour certains caractères comme la rectitude de la tige et la grosseur de branchaison, une forte variabilité intra-population est également observée alors qu'elle demeure faible pour la vigueur et les propriétés physiques du bois. Une forte instabilité des performances dans l'espace (interaction provenance-site) et le temps (liaison jeune-adulte) est également notée. L'intérêt du mélèze du Japon dans le programme d'amélioration génétique des mélèzes en France est dès lors limité à l'hybridation interspécifique avec le mélèze d'Europe. Dans ces conditions, le risque d'erreur dans le choix d'une provenance particulière pour le reboisement semble limité et seules les provenances du sud de l'aire et au-dessus de 1 800 m seraient à déconseiller. Les peuplements semenciers classés français ou européens peuvent être considérés comme une bonne source d'approvisionnement en graines.

mélèze du Japon / variabilité génétique / provenance / croissance / forme / infradensité

Summary — **Genetic diversity in larch. II. Results of 36 years of provenance testing with Japanese larch.** *Growth, stem form, branching and wood characteristics of 12 provenances (among 25 tested in the international IUFRO provenance trial) were evaluated in a provenance test planted in north-western France (Brittany) in 1959. Compared to European larch, Japanese larch has a limited genetic diversity for most economic traits. Provenance variation is neither clinal, nor ecotypic. Variation between main geographic zones of origin seems also rather weak. As suggested by several authors, stands within provenances could be a main source of variation. For traits such as stem form or branch thickness, individual tree variability is important but not for growth or physical wood properties. Strong G x E interaction is reported in several studies as well as rather weak juvenile-mature correlations, which makes provenance selection difficult. Japanese larch role will be limited in the French tree improvement programme to interspecific hybridization with European larch. No particular native provenances are recom-*

mended for reforestation. Based on literature results, the only exclusion should concern at most provenances from the southern part of the natural range and above 1 800 m. French and west European selected seed stands can be considered as a good source of reforestation material.

Japanese larch / genetic diversity / provenance / growth / stem form / wood density

INTRODUCTION

Le mélèze du Japon est originaire de l'île de Hondo. Son aire naturelle de taille réduite (environ 7 500 ha selon Schober et Rau, 1991) s'étend entre les longitudes 136° 50' et 140° 30' E et les latitudes 35° 08' et 38° 05' N (Hayashi in Toda et Mikami, 1976). Limité aux massifs montagneux entre 1 200 et 2 500 m d'altitude séparés par des vallées profondes, le mélèze du Japon est représenté par de petites populations isolées. Ces conditions laissent supposer une forte variabilité génétique (Boudru, 1957).

Le mélèze du Japon a été introduit en France dès 1861 (et en Europe) comme essence exotique sans connaissance précise de la diversité génétique de l'espèce. Il occupe actuellement en France un peu moins de 12 000 ha, essentiellement concentrés dans le Limousin. Son utilisation en reboisement reste limitée comme l'indique entre autre la production de plants en pépinière : environ 300 000 plants en 1990/1991 contre environ 2 100 000 plants pour le mélèze d'Europe (Anonyme, 1993a).

Hormis quelques travaux japonais anciens et à diffusion limitée (Toda et Mikami, 1976), aucune étude approfondie de la variabilité génétique du mélèze du Japon n'avait été entreprise. Une étude comparative de provenances initiée en 1956 par le professeur Langner permet aujourd'hui d'aborder ce problème. Cette expérience internationale (75 dispositifs dans neuf pays européens plus les États-Unis, le Canada, le Japon et la Nouvelle-Zélande) est représentée en France par un dispositif installé par l'Inra en Bretagne. Cette étude en présente le bilan à 36 ans et en compare les résultats avec ceux du réseau international.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Provenances testées

À l'initiative du professeur Langner, 25 populations de mélèze du Japon (*Larix kaempferi* (Lamb) Carr) furent récoltées en 1956 dans l'aire naturelle à partir d'un échantillon minimum de 20 arbres par provenance (Toda et Mikami, 1976). Ces provenances sont réparties entre six zones d'origine correspondant aux grands massifs montagneux de l'île de Hondo (fig 1).

Suite à une mauvaise germination pour certaines provenances et aux dégâts occasionnés par une gelée tardive en forêt en 1960, seulement 11 d'entre elles, représentatives de l'aire, sont évaluées dans cette étude et comparées à une provenance du commerce Ina (préfecture de Nagano). Une description des provenances est donnée au tableau I.

Le semis fut réalisé en mai 1957 et les plants furent repiqués au printemps 1959 à Amance (54).

Site et dispositif expérimental

Le matériel fut planté en novembre 1959 sur un seul site en Bretagne en forêt domaniale de Coat-An-Hay près de Belle-Isle-en-Terre (22). Cette station est la plus occidentale du réseau international en Europe (latitude 48° 31' N, longitude 3° 18' W, altitude 200 m) et est caractérisée par un climat océanique typique (Lacaze et Lemoine, 1965).

Suite à une gelée tardive très sévère en 1960, le dispositif a été réorganisé selon un schéma comprenant six blocs aléatoires incomplets, représentés par 10 provenances installées en parcelles unitaires carrées de quatre plants. Chaque provenance comportait de 12 à 24 plants. La distance de plantation était de 4 x 4 m avec interplantation d'épicéas communs à 2 x 2 m en bourrage. Ces derniers furent éliminés en 1973/1974. Une éclaircie sélective a eu lieu en 1984/1985 avec élimination en règle générale d'une tige par parcelle unitaire.

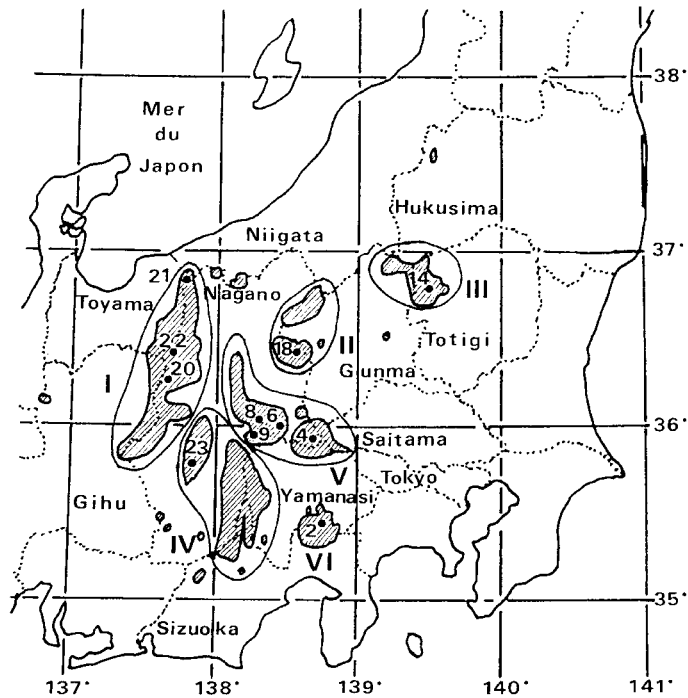


Fig 1. Aire naturelle du mélèze du Japon (hachurée) et localisation des provenances étudiées : en chiffres arabes, code des provenances (suivant tableau I) ; en chiffres romains, principaux massifs montagneux : I Hida, II Asama, III Nantai, IV Akaishi, V Yatsugatake, VI Fuji.

Mesures et observations – analyse statistique

Le dispositif a été mesuré à plusieurs reprises depuis la plantation. Les mesures à 36 ans (depuis le semis) ont porté sur des paramètres de vigueur, de forme et de qualité intrinsèque du bois. Les paramètres de vigueur comprennent la hauteur totale estimée au dendromètre SUUNTO (*HT*) et la circonférence à 1,30 m (*Circ*). Le rapport *H/D* a été calculé à partir de *HT* et *Circ*.

La rectitude de la tige (*Fo*) a été appréciée à partir d'une notation subjective en cinq classes (classe 1 = trois courbures et plus de forte intensité, classe 2 = une à deux courbures de forte intensité, classe 3 = trois courbures et plus de faible intensité, classe 4 = une à deux courbures de faible intensité et classe 5 = droit). La grosseur des branches (*Br*) de la cime a été également estimée selon une notation en 4 classes (classe 1 = branches très grosses, classe 2 = branches moyennes, classe 3 = branches fines, classe 4 = branches très fines).

Les critères de qualité du bois ont été appréciés à partir d'une mesure de pénétration au pilodyn (*Pil*) sous écorce à 1,30 m et sur deux faces

opposées (nord et sud). Une estimation d'infradensité par la méthode de Keylwerth (1954) a été ensuite réalisée au laboratoire séparément sur aubier et duramen à partir de carottes prélevées à la tarière de Pressler à 1,30 m et sur la face sud des tiges. Seule l'infradensité globale (*Inf*) est présentée. La proportion de duramen (%*dur*) a été estimée par $d^2/(a+d)^2$ à partir des mesures sur carotte de *a* et *d*, respectivement longueurs d'aubier et de duramen.

Une analyse de variance sur valeurs individuelles a été réalisée selon le modèle :

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + B_j + PxB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

avec μ = moyenne générale, P_i = effet de la provenance *i* (facteur fixe), B_j = effet du bloc *j* (facteur fixe), PxB_{ij} interaction provenance *i* - bloc *j*, ε_{ijk} = résidu.

RÉSULTATS

Les performances moyennes ajustées au facteur « bloc » des provenances à 36 ans

Tableau I. Description des provenances (en italique, les provenances testées en France).

Code	Provenance (Préfecture)	Longitude E	Latitude N	Altitude (m)	Température annuelle moyenne (°C)	Précipitation annuelle moyenne (mm)
Mont Fuji						
1	Mont Fuji (Yamanashi)	138° 04'	35° 26'	1 320	6,2	1 820
2	Mont Fuji (Yamanashi)	138° 43'	35° 24'	1 760	5,0	1 760
3	Mont Fuji (Yamanashi)	138° 43'	35° 23'	2 400	1,2	2 500
Montagne de Yatsugatake						
4	Kawakami (Nagano)	138° 43'	35° 57'	1 500	6,5	1 360
5	Yatsugatake (Nagano)	138° 24'	36° 03'	1 800	6,1	1 550
6	Yatsugatake (Nagano)	138° 26'	36° 01'	1 750	5,4	1 480
7	Tateshina (Nagano)	138° 17'	36° 06'	1 600	5,1	1 430
8	Reizan (Nagano)	138° 20'	36° 02'	1 700	5,4	1 700
9	Nishidake (Nagano)	138° 19'	35° 56'	1 450	6,8	1 560
10	Nishidake (Nagano)	138° 20'	35° 57'	1 750	6,1	1 330
Montagne d'Akaishi						
11	Kurokochi (Nagano)	138° 13'	35° 45'	1 500	6,5	1 720
12	Hontaniyama (Nagano)	138° 06'	35° 27'	2 000	4,0	2 840
23	Kurokawa (Nagano)	137° 52'	35° 47'	1 818	3,2	2 380
Mont Nantai						
13	Okunikko (Tochigi)	139° 27'	36° 46'	1 360	5,5	2 250
14	Okunikko (Tochigi)	139° 27'	36° 47'	1 500	6,8	2 470
15	Yashubara (Tochigi)	139° 33'	36° 47'	1 700	5,3	2 590
Mont Asama						
16	Kumashiroyama (Gunma)	138° 30'	36° 38'	1 750	4,3	1 800
17	Mizunoto (Gunma)	138° 29'	36° 24'	1 900	3,2	1 890
18	Nagakurayama (Nagano)	138° 34'	36° 24'	1 400	6,2	1 400
19	Asama (Nagano)	138° 32'	36° 23'	1 700	4,3	1 570
Montagne de Hida						
20	Kamikochi (Nagano)	137° 40'	36° 14'	1 620	5,0	2 320
21	Rengeyama (Niigata)	137° 48'	36° 48'	2 180	1,1	3 680
22	Takasegawa (Nagano)	137° 41'	36° 26'	1 380	5,6	1 670
24	Shikanose (Nagano)	137° 33'	35° 54'	1 380	6,9	2 130
25	Akanagi (Nagano)	137° 43'	36° 04'	1 920	3,3	2 300

(depuis le semis) sont données au tableau II ainsi que les coefficients de variation intra-provenance et les résultats du test *F* de Fisher entre provenances.

Croissance

La hauteur moyenne à 36 ans atteint 20,5 m et la circonférence moyenne, 96,7 cm. Des différences très hautement significatives entre provenances sont observées

pour la hauteur totale dont l'amplitude pourtant faible s'étend de 19,7 m à 21,2 m (fig 2a). Pour la circonférence à 1,30 m qui fluctue entre 85,1 et 105,2 cm, aucune différence significative entre provenances n'est mise en évidence.

Parmi les provenances les plus vigoureuses, figurent Yatsugatake et Reizan (montagne de Yatsugatake) ainsi qu'Okunikko (mont Nantai) et Ina (montagne de Akaishi). Rengeyama et Takasegawa (montagne de Hida), Fuji (mont Fuji) et Nagakurayama

Tableau II. Performances relatives moyennes des provenances à 36 ans (en % de la moyenne générale) et coefficients de variance intra-provenance (CV).

Code <i>lufro</i>	Provenance	HT (m)		Circ (cm)		H/D		Fo (échelle)		Ang ^a (degré)		Br (échelle)		Pl (mm)		Inf (kg/m ²)		%odur (%)	
		Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV
Mont Fuji		98,9	6,1	98,3	12,7	100,6	14,2	106,0	15,0	103,3	10,6	83,5	50,6	94,7	14,2	100,9	6,3	95,1	12,9
Montagne de Yatsugatake																			
4	Kawakami	98,4	8,6	99,1	13,6	98,0	7,5	81,0	43,2	105,4	12,0	112,5	52,7	105,4	12,7	94,1	8,5	100,6	7,3
6	Yatsugatake	103,5	4,3	103,4	16,2	100,3	15,3	101,8	25,1	98,1	11,7	99,0	37,7	99,1	15,6	100,2	6,0	98,9	13,2
8	Reizan	102,7	4,7	104,8	13,0	98,3	11,7	93,8	21,8	91,2	8,1	99,6	23,0	107,5	13,2	100,7	11,0	103,1	9,1
9	Nishidake	98,4	7,1	99,3	14,1	98,8	14,3	101,0	16,5	100,8	7,8	114,6	32,6	97,9	12,4	104,7	6,2	105,0	8,7
Montagne d'Akaishi																			
23	Kurokawa	100,0	6,6	99,0	16,2	101,8	17,5	97,2	20,9	103,4	9,6	100,7	36,5	107,4	9,9	94,9	7,4	102,5	12,8
Mont Nantai																			
14	Okunikko	103,1	4,4	103,8	12,3	98,7	11,0	99,8	23,7	97,9	10,7	114,1	23,7	96,9	12,9	104,9	7,7	105,2	12,4
Mont Asama																			
18	Nagakurayama	96,3	6,2	99,2	13,5	96,9	11,1	105,0	18,3	94,5	14,2	60,1	54,0	100,1	14,1	100,4	10,5	105,4	14,1
Montagne de Hida																			
20	Kamikochi	101,6	4,9	101,4	8,9	99,4	9,4	111,1	10,3	102,9	11,9	108,6	25,9	93,8	8,5	103,9	9,2	94,5	29,3
21	Rengeyama	94,5	4,3	88,0	15,7	108,8	12,6	102,3	25,2	97,6	12,3	119,8	29,5	108,4	11,6	98,4	6,2	93,4	8,3
22	Takasegawa	98,3	5,2	93,3	11,8	105,1	9,6	97,6	18,0	100,8	11,8	128,6	21,3	97,2	6,1	98,2	6,6	93,2	12,9
Témoign du commerce																			
Ina		102,4	3,7	108,9	9,3	93,0	8,6	94,6	18,2	102,4	12,3	74,7	35,4	97,9	15,0	97,7	8,9	101,3	9,1
Moy-CV inter-provenances		20,5	2,9	96,7	5,4	67,7	4,0	4,3	7,9	74,5	3,8	2,6	19,6	13,8	5,2	458,9	3,5	64,6	4,7
F (11, 136 dl)		3,17**		1,85 ^{ns}		1,13 ^{ns}		1,13 ^{ns}		1,70 ^{ns}		4,80***		2,01*		2,24*		1,53 ^{ns}	

*, ** et *** Significatif respectivement à 5, 1 et 0,1 %. ^a L'angle de branchaison a été mesuré à l'âge de 20 ans (F avec 11 et 183 dl).

(mont Asama) sont les moins vigoureuses. Néanmoins, les niveaux de supériorité (respectivement d'infériorité) par rapport à la moyenne générale restent faibles.

La variabilité intra-provenance est également faible pour la hauteur totale et la circonférence (tableau II).

Forme de la tige

Deux paramètres sont présentés : le coefficient d'élanement *H/D* et une note de rectitude de la tige. Le rapport *H/D* atteint en moyenne 67,7 avec une amplitude de 62,9 à 73,7 ; la note de rectitude moyenne est de

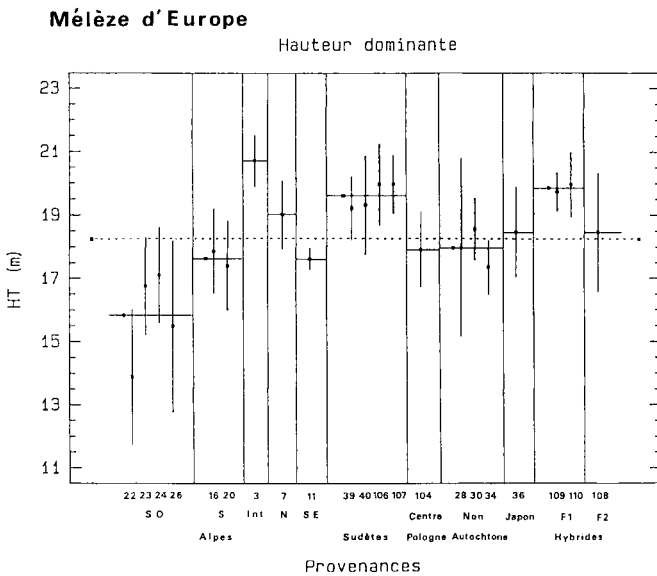
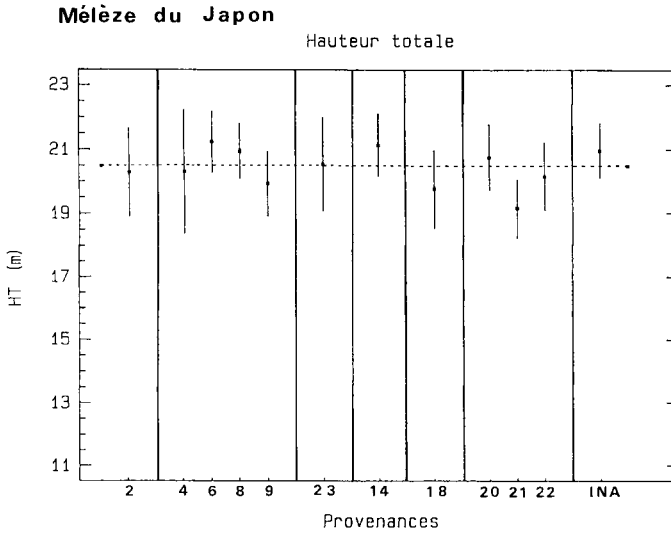


Fig 2. Variabilité naturelle comparée du mélèze du Japon (en haut) et du mélèze d'Europe (en bas) pour la hauteur totale à 36 et 34 ans respectivement sur le site de Coat-An-Noz (moyenne des provenances +/- 1 ET). Voir tableau I pour la signification des codes des provenances.

4,3 avec une amplitude de 3,5 à 4,8. Les provenances avec la meilleure rectitude sont Kamikochi (montagne de Hida), Mont Fuji (mont Fuji) et Nagakurayama (mont Asama) ; celles avec la forme la plus médiocre comprennent Kawakami et Reizan (montagne de Yatsugatake) ainsi qu'Ina. Mais aucune différence significative entre provenances n'a pu être mise en évidence pour ces deux caractères de forme. La variabilité intra-provenance est plus forte (cv moyen = 21,4%) en particulier pour la rectitude.

Branchaison

Les provenances diffèrent de manière très hautement significative pour la grosseur de branchaison dont la note moyenne atteint 2,6 avec une amplitude de 1,5 à 3,3. Les provenances avec la branchaison la plus fine sont Takasegawa et Rengeyama (montagne de Hida), Okunikko (mont Nantai) et Nishidake et Kawakami (montagne de Yatsugatake). Celles avec la branchaison la moins favorable proviennent des monts Asama (Nagakurayama) et Fuji (Mont Fuji). La provenance du commerce Ina est aussi peu intéressante pour ce caractère. La variabilité intra-provenance est également forte comme l'indiquent les coefficients de variation (> 21 %).

Pour l'angle de branchaison observés à 20 ans, les provenances ne diffèrent pas significativement entre elles. L'angle de branchaison oscille entre 69,2 et 78,5°. La variabilité intra-provenance est limitée (< 15 %).

Qualité du bois

L'infradensité moyenne atteint 458,9 kg/m³ avec des valeurs extrêmes de 431,8 et 481,3 kg/m³. La longueur moyenne de pénétration au pilodyn est de 13,8 mm et fluctue entre 13,0 et 14,9 mm et la proportion moyenne de duramen est de 64,6 % avec

une amplitude comprise entre 60,2 et 68,1 %.

Des différences significatives (au seuil de 5 %) entre provenances sont observées pour la mesure de pénétration au pilodyn et l'infradensité mais pas pour la proportion de duramen. Les différences entre provenances ne sont cependant pas fortes. La variabilité intra-provenance pour les 3 paramètres étudiés est également faible. Les provenances au bois le plus dense sont Okunikko (mont Nantai), Nishidake (montagne de Yatsugatake) et Kamikochi (montagne de Hida). Inversément, Kawakami (montagne de Yatsugatake) et Kurokawa (montagne d'Akai-shi) ont le bois le moins dense.

Liaison entre caractères (au niveau moyennes de provenances)

Hormis les corrélations fortes ($r > 0,75$) entre paramètres de croissance (*HT* et *Circ*), aucune liaison significativement différente de zéro n'a été observée entre vigueur, forme et infradensité.

Par ailleurs, aucune liaison significativement différente de zéro ($r < 0,30$) n'a pu être mise en évidence entre les caractéristiques d'origine des populations (longitude, latitude, altitude et données climatiques) et leurs performances en France à 36 ans.

Stabilité des performances dans le temps

Le niveau de corrélation de rang entre hauteurs totales à 36 ans et à différents âges plus juvéniles augmente progressivement. Il est de 0,47^{ns} avec la hauteur à 7 ans, devient significativement différent de 0 avec la hauteur à 14 ans ($r_s = 0,75^*$) et atteint 0,88^{***} avec la hauteur à 20 ans.

Pour la circonférence à 1,30 m, la liaison atteint 0,68* entre 20 et 36 ans. Elle est de 0,65* pour la rectitude de la tige entre 20 et 36 ans.

DISCUSSION

Le faible nombre de provenances étudiées ainsi que l'effectif réduit d'arbres par population limitent sans doute la portée de cette étude. Pour valider ces résultats, les premières conclusions obtenues à partir du réseau international IUFRO seront utilisées.

Étude de la variabilité

Le faible nombre de populations par région d'origine représentées dans cette étude ne nous a pas permis une structuration très approfondie de la variabilité observée. Sur les neuf caractères étudiés, quatre (*HT*, *Br*, *Pil* et *Inf*) présentent des différences significatives entre provenances. Cependant dans tous les cas (sauf pour la grosseur de branchaison), ces différences bien que significatives restent assez faibles comparées à celles observées entre provenances de mélèze d'Europe sur le même site (fig 2). De nombreux auteurs (Krusche et Reck, 1980 ; Schober et Rau, 1991) font également cette constatation. Selon certains auteurs comme Krusche et Reck (1980), la moitié de la variance entre provenances pourrait être expliquée par la variabilité entre régions de provenances. Mais comme l'indiquent Schober et Rau (1991), les différences entre régions de provenance demeurent également faibles. L'essentiel de la variabilité observée pourrait bien être comme l'observent avec justesse Fowler *et al* (1988), entre peuplements d'une même provenance. Des populations très voisines peuvent avoir des performances très différentes.

De même, la variabilité intra-provenance observée est souvent très faible (cv moyen < 15 % pour *HT*, *Circ*, *H/D*, *Pil*, *Inf* et %*dur*), ce qui n'est pas habituel pour ce niveau d'étude. Une variabilité intra-provenance forte est rencontrée seulement pour la rectitude de la tige et la grosseur de branchaison.

Aucune variabilité de type clinal ou écotypique n'a pu être mise en évidence comme le suggère l'absence de liaison entre variables du milieu d'origine des provenances et leurs performances en France. C'est également la conclusion des travaux de Schober et Rau (1991) en Allemagne et en Europe, de Park et Fowler (1983) et de Loo *et al* (1982) au Canada et de Farnsworth *et al* (1972) aux États-Unis. Comme le suggèrent ces derniers auteurs, la faible variabilité observée serait liée à la dérive génétique dans des populations de petite taille et isolées, subissant une faible pression de sélection.

Les différences significatives observées entre provenances dans plusieurs études (Koizumi *et al*, 1992 ; Fowler *et al*, 1988 ; Park et Fowler, 1983 ; Loo *et al*, 1982 ; Farnsworth *et al*, 1972) sont souvent accompagnées de niveaux d'interaction provenances x répétitions et provenances x sites hautement significatifs. Cette situation limite toute possibilité de généralisation des résultats.

En particulier, nous avons examiné les coefficients de rang de Spearman entre performances à des âges équivalents en France et dans l'aire naturelle au Japon. Aucune corrélation très forte et significativement différente de 0 n'a pu être mise en évidence entre hauteurs totales ($r_s = 0,54$), diamètres ($r_s = 0,44$), notes de rectitude de la tige ($r_s = 0,13$), grosseur de branches ($r_s = 0,36$) et infradensité en France – module de Young au Japon ($r_s = 0,42$). Les résultats obtenus dans l'aire naturelle semblent donc difficilement transposables en France. C'est pourquoi nous éviterons de parler d'autres critères tels que des caractères phénologiques, de floraison ou de résistance aux maladies, évalués au Japon (voir Toda et Mikami, 1976) mais manquant en France. Des liaisons significatives sont en revanche observées ($r_s > 0,65$) entre performances (hauteur, diamètre et forme) en France et en Allemagne (à partir des données de Krusche et Reck, 1980).

Le mélèze du Japon est par ailleurs très sensible aux conditions environnementales comme le constatent Krusche et Reck (1980). Dans leur étude sur 11 sites en Allemagne, l'effet du site d'expérimentation représente l'essentiel de la variabilité totale (79 % pour la hauteur totale et 63 % pour le diamètre à 15 ans mais seulement 17 % pour la forme de la tige).

Les faibles niveaux de liaison entre hauteurs totales à 36 ans (révolution espérée voisine de 50 ans) et 7 ou 14 ans suggèrent des changements de rang importants qui limitent les possibilités d'une sélection efficace avant au minimum 14 ans. Magnusson et Park (1991) observent de même la très grande instabilité de classement entre 7 et 29 ans ($r_s = 0,51^*$) alors que la liaison dépasse $0,8^{***}$ à partir de 15 ans.

Comparaison avec le mélèze d'Europe

À un âge équivalent, il est intéressant de comparer sur un même site les performances du mélèze du Japon à celles du mélèze d'Europe. Les résultats d'un test voisin de comparaison de provenances de mélèze d'Europe (Pâques, 1996) seront utilisés à cette fin.

Sur le site de Coat-An-Hay, le mélèze du Japon apparaît aussi vigoureux que les meilleures provenances de mélèze d'Europe (Sudètes et Alpes intérieures) avec une production estimée de $12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ d'après les tables anglaises de Hamilton et Christie (1971). Pour la forme de la tige, il est comparable en moyenne au mélèze d'Europe mais meilleur que les provenances vigoureuses des Sudètes. Cependant, comme le laissent penser les plus fortes valeurs de pénétration du pilodyn, l'infra-densité du bois du mélèze du Japon serait plus faible que celle du mélèze d'Europe. Cela n'est vrai que pour les valeurs concernant l'aubier alors que, pour le duramen, les valeurs semblent comparables.

Sur ce site de Bretagne, le mélèze du Japon apparaît certainement concurrentiel aux bonnes provenances de mélèze d'Europe. Mais ce site, bien arrosé pendant la saison de végétation, est sans doute proche de son optimum et ces résultats peuvent difficilement être généralisés en stations plus continentales comme le démontre une expérience plus récente dans l'est de la France.

Perspectives

La faible variabilité du mélèze du Japon observée dans plusieurs études entre populations mais aussi pour plusieurs caractères économiques, intra-provenances et le manque de stabilité provenances x sites limiteront sérieusement les progrès de l'amélioration. Il n'est dès lors pas facile de recommander aux reboiseurs telle ou telle région de provenance ou une provenance particulière. Seuls Schober et Rau (1991) signalent dans leur synthèse à titre de tendance la moins bonne croissance des provenances originaires de zones supérieures à $1\ 800 \text{ m}$ d'altitude. Scheumann et Schönbach (1968) montrent par ailleurs la plus grande sensibilité au froid hivernal et aux gelées tardives des provenances du sud de l'aire (mont Fuji en particulier).

Dans ces conditions, il apparaît que les risques d'erreur dans le choix d'une provenance particulière sont limités. Dès lors, comme le suggèrent Schober et Rau (1991), l'utilisation de graines récoltées dans des peuplements classés locaux ($45,6 \text{ ha}$ en France, Anonyme, 1993b) ou ouest-européens serait même à recommander du fait qu'on a au moins une sécurité sur leur adaptation au milieu et leurs performances phénotypiques.

Les questions que se poseront les reboiseurs concerneront plutôt le choix de l'espèce (mélèzes d'Europe, du Japon ou hybride) et son adéquation par rapport aux

conditions écologiques des sites de reboisement.

Compte tenu de son intérêt limité en reboisement, aucun programme d'amélioration génétique du mélèze du Japon visant une sortie variétale sous forme de verger à graines n'est prévu en France. En revanche, sa résistance presque absolue au chancre du mélèze et sa croissance juvénile rapide sont recherchées comme caractères complémentaires en hybridation interspécifique avec le mélèze d'Europe (Pâques, 1992a). Mais, dans ce cas, la sélection de géniteurs avec une rectitude de tige parfaite est indispensable (Pâques, 1992b) avant hybridation. La forte variabilité individuelle pour ce caractère laisse espérer des gains génétiques appréciables.

REMERCIEMENTS

Sont vivement remerciés M Faucher et D Veisse pour toutes les opérations techniques de mesure et d'échantillonnage ainsi que les agents locaux de l'ONF qui gèrent le dispositif.

RÉFÉRENCES

- Anonyme (1993a) Résultats de l'enquête statistique effectuée dans les pépinières forestières en 1991. Note de service n° 93-3019, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Derf, Paris
- Anonyme (1993b) Répertoire national des matériels de base français des essences forestières. Cemagref-Derf, 5^e édition
- Boudru M (1957) Races et écotypes chez le mélèze du Japon. *Bull Soc Roy For Belgique* 64, 161-169
- Farnsworth DH, Gatherum GE, Jokela JJ, Kriebel HB, Lester DT, Merritt C, Pauley SS, Read RA, Saidak RL, Wright JW (1972) Geographic variation in Japanese larch in North Central United States plantations. *Silvae Genet* 21, 139-147
- Fowler DP, Simpson JD, Park YS, Schneider MH (1988) Yield and wood properties of 25-year-old Japanese larch of different provenance in eastern Canada. *The Forestry Chronicle*, December 1988, 475-479
- Hamilton GJ, Christie JM (1971) *Forest Management Tables (Metric)*. Forestry Commission Booklet N° 34, Londres
- Keylwerth R (1954) Ein Beitrag zur qualitativen Zuwachsanalyse. *Holz Roh Werkst* 13, 77-83
- Koizumi A, Takada K, Ueda K (1992) Variation in modulus of elasticity among Japanese larch from different provenances. In : *Proc IUFRO Working Party S2.02-07*, Berlin, 5-12 September 1992, 66-72
- Krusche D, Reck S (1980) Ergebnisse 15 jähriger Herkunftsversuche mit Japanlärche (*Larix leptolepis* (Gord)). *Allg Forst-u J Ztg* 151, 127-135
- Lacaze JF, Lemoine M (1965) Comportement de diverses provenances de mélèzes en Bretagne. *Ann Sc For* 22, 321-352
- Loo J, Fowler DP, Schneider MH (1982) Geographic variation in specific gravity among Japanese larch from different provenances. *Wood and Fiber* 14, 281-286
- Magnussen S, Park YS (1991) Growth-curve differentiation among Japanese larch provenances. *Can J For Res* 21, 504-513
- Pâques LE (1992a) Les Mélèzes. In : *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Inra, Paris. 720-731
- Pâques LE (1992b) First evaluation of genetic parameters in a factorial mating design with hybrid larch (*Larix decidua* x *Larix kaempferi*). In : *Proc Iufro Working Party S2.02-07*, Berlin, 5-12 September 1992, 136-145
- Pâques LE (1996) Variabilité naturelle du mélèze. I. Mélèze d'Europe : bilan de 34 ans de test comparatif de provenances. *Ann Sci For* 52, 51-67
- Park YS, Fowler DP (1983) A provenance test of Japanese larch in eastern Canada, including comparative data on European larch and tamarack. *Silvae Genet* 32, 96-101
- Scheumann W, Schönbach H (1968) Die Prüfung der Frostresistenz von 25 *Larix leptolepis* Herkünften eines internationalen Provenienzversuches mit Hilfe von Labor-Prüfverfahren. *Arch Forstw* 17, 597-611
- Schober R, Rau HM (1991) Ergebnisse des I. Internationalen Japanlärchen-Provenienzversuches. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*. Band 102, 167 p
- Toda R, Mikami S (1976) The provenance trials of Japanese larch established in Japan and the tentative achievements. *Silvae Genet* 25, 209-216