BILAN D'UNE EXPÉRIENCE COMPARATIVE DE PROVENANCES DE MÊLÈZES A L'ÂGE DE 13 ANS

J.-F. LACAZE et Y. BIROT

Station d'Amélioration des Arbres forestiers,
Centre de Recherches forestières d'Orléans, I.N.R.A.,
45018 Orléans Cedex BP 6021

RÉSUMÉ

Cet article fait le bilan à 13 ans d'une expérience comparative de provenances de mélèze (expérience internationale du Pr. SCHÖBER) installée en Bretagne.

Outre les caractères de vigueur, une attention spéciale a été donnée aux caractères de forme du tronc et de la cime. Les résultats montrent la très grande supériorité de certains hybrides (*Larix eurolepis*) et l'intérêt de la région de provenances « Sudètes ». Cependant, pour ces provenances, la forme, très variable, mérite d'être améliorée par sélection individuelle.

Le passage à la pratique pourrait se faire très rapidement dans les 2 cas (hybrides et Sudètes) par l'installation de vergers à graines de clones.

Deux plantations comparatives de provenances de mélèze d'Europe (*Larix decidua* Miller) avec témoins *Larix leptolepis* et *Larix eurolepis* ont été installées en Bretagne à l'automne 1959, dans le cadre d'une expérimentation internationale organisée par le Professeur SCHÖBER (forêt de Coat-an-Hay).

Dans une précédente publication ⁽¹⁾ nous avons dressé un premier bilan concernant la période juvénile (jusqu'au stade — 6 ans après semis, soit 4 ans après plantation).

Il s'agit maintenant d'analyser le comportement des différentes provenances 11 ans après plantation, c'est-à-dire au moment où pour les meilleures d'entre elles le stade « couvert fermé » est atteint. Dès cet âge, compte tenu de la vitesse de croissance de l'espèce, il semble en effet possible de tirer des conclusions intéressantes sur des classements de vigueur et de forme des diverses provenances mises en comparaison.

(1) J.-F. LACAZE, M. LEMOINE, 1965. — Comportement de diverses provenances de mélèzes en Bretagne. Ann. Sci. forest., 22 (2), 321-351.

I. — RAPPEL DE LA DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION

Nous rappelons très brièvement les caractéristiques de cette expérimentation décrite en détail dans la publication citée précédemment.

Plantation comparative principale : P 300-1

Blocs incomplets équilibrés

21 provenances,

5 répétitions,

21 blocs,

5 provenances par bloc,

121 plants par parcelle unitaire (densité de plantation 2×2 m).

Plantation comparative secondaire : P 300-2

blocs complets,

10 provenances,

3 répétitions,

80 plants par parcelle unitaire (densité de plantation 2×2 m).

Les provenances sont décrites dans le tableau 1, trois d'entre elles étant représentées dans les deux plantations comparatives (16, 36, 40).

II. — VARIABILITÉ ENTRE PROVENANCES

2.1. — Classement des provenances à 13 ans

Les calculs aboutissant aux classements présentés ont été effectués par la Station de Biométrie du C.N.R.F. (Programme B.I.E.A. pour les dispositifs en blocs incomplets, TOCH pour le dispositif en blocs complets, malheureusement non orthogonal par suite de données manquantes.)

2.11. *Survie*

Les effectifs subsistant 13 ans après semis (11 ans après plantation) varient énormément selon les provenances; celles des Alpes françaises (Alpes du Sud-Ouest) se classent fort mal, 20 à 25 p. 100 de survivants. Pour les hybrides danois, au contraire, on enregistre 90 p. 100 (hybride 110) et 86 p. 100 (hybride 109) de survie. Le mélèze du Japon, les provenances artificielles Schlitz et Neumünster, 2 provenances des Sudètes sur 4, la provenance polonaise Grojec et la provenance du Tyrol, Sterzing, présentent des taux de survie supérieurs à 70 p. 100. Enfin, pour les provenances des Alpes intérieures du Nord et du Sud-Est, les taux de survie sont moyens (50 à 70 p. 100).

Il est difficile, dans une expérimentation de terrain de ce type d'expliquer objectivement cette variabilité pour la survie. Au stade initial, l'influence d'une gelée tardive a été mise en évidence; ultérieurement, il n'est pas douteux que les provenances à croissance initiale lente ont été pénalisées par la concurrence d'une végétation adventice très luxuriante sous ce climat (genêts, ronces).

2.12. *Mesures de dimension*

A 13 ans, il n'est pas encore possible d'envisager des mesures de production en volume au niveau de la parcelle unitaire. Nous présentons donc des classements établis en fonction

TABLEAU 1

Description des provenances expérimentées
Location of the seed sources

Zone géographique	N° de provenance	Nom des provenances	Latitude	Longi-tude	Altitude (m)	Pluvio-sité (m)	Température moyenne		N° de la plantation compa-rative	Observations
							annuelle	Mai à sep-tembre		
Alpes maritimes françaises	38	Valdeblore	44°14' N	7°11' E	1700/1800	1200	6°5	19°	P 300-2	
Alpes du Sud-Ouest - Queyras	22	Embrun Ristolas	44°47' N	6°57' E	1600	1050	6°1	12°3	P 300-1	
Alpes du Sud-Ouest - Queyras	23	Embrun Aiguilles	44°47' N	6°54' E	1560	1050	6°1	12°3	P 300-1	
Alpes du Sud-Ouest - Briançonnais ..	24	Briançon Montgenèv.	44°56' N	6°43' E	1730	808			P 300-1	
Alpes du Sud-Ouest - Briançonnais ..	26	Briançon Villard	44°52' N	6°39' E	1400	620	6°2	13°1	P 300-1	
Alpes du Sud-Ouest - Briançonnais ..	102	Puy-St-Vincent	44°48' N	6°32' E	1850				P 300-1	
Préalpes du Sud-Est - Val di Fiemme ..	16	Cavalèse	46°19' N	11°27' E	1200	860	8°7	16°8	P 300-1 et 2	
Préalpes du Sud-Est - Val Sugana ...	18	Tenna	46°04' N	11°19' E	600	1000	12°		P 300-1	
Préalpes du Sud-Est - Val Sugana ...	20	Cavedine	45°59' N	11°04' E	600 à 700	1190	11°	16°	P 300-1	
Alpes intérieures - Tyrol	2	Schoenwies	47°12' N	10°40' E	1100				P 300-2	(1)
Alpes intérieures - Tyrol du Sud	12	Sterzing/Flaine	46°54' N	11°26' E	1000	790	7°	14°6	P 300-2	(1)
Alpes intérieures - Tauern	3	Mühldorf	46°52' N	13°21' E	900	1100	7°	14°2	P 300-1	
Alpes du Nord	4	Fernpass	47°22' N	10°54' E	1100 à 1200	1264	4°7	10°8	P 300-2	(1)
Alpes du Nord	7	Langau 38/41	47°49' N	15°10' E	1100	1780	3°9	10°9	P 300-1	(1)
Préalpes du Sud-Est	11	Wechselgebiet	47°30' N	16°02' E	1000	1028	6°1	13°1	P 300-1	
Sudètes	39	Zabreh-Dubicko	49°50' N	16°58' E	400	670	7°5	15°1	P 300-1	
Sudètes	40	Ruda nad Moravou	49°59' N	16°54' E	480	670	7°9	15°7	P 300-1 et 2	
Sudètes	106	Olomouc							P 300-1	
Sudètes	107	Hradec nad Opavou			400				P 300-1	
Pologne	104	Grojec	51°50' N	20°45' E	180				P 300-1	
Schleswig (artificiel)	34	Neumunster	54°15' N	10°10' E	50	720	8°	14°4	P 300-1	
Hesse (artificiel)	28	Schlitz 65	50°43' N	9°31' E	335	634	7°8	14°2	P 300-1	
Tchécoslovaquie (artificiel)	30	Dobris	49°47' N	14°11' E	500	590			P 300-1	
Alsace (artificiel)	103	Durmenach	47°10' N	7°20' E	650	900	10°	17°	P 300-2	
Japon	36	Ina	35°52' N	138°04' E	1200				P 300-1 et 2	(2)
Écosse	108	Dunkeld							P 300-1	(3)
Danemark	110	Humblebaek							P 300-1	(3)
Danemark	109	Hoersholm							P 300-2	(4)

(1) Graines récoltées séparément sur 7 arbres pour la provenance 2, 8 arbres pour la 12, 5 arbres pour la 4 et 2 arbres pour la 7.

(2) *Larix leptolepis*.

(3) *Larix eurolepis* — probablement une F2.

(4) *Larix eurolepis* — croisement contrôlé entre un clone de *L. europaea* (V 44) et un clone de *L. leptolepis* (V 634).

(5) *Larix eurolepis* — verger à graines n° 201; croisement entre un clone de *L. europaea* (V 44) et les descendants de deux *L. leptolepis* sélectionnés.

de mesures individuelles de hauteur et diamètre à 1,30 m et qui ne tiennent pas compte des effectifs à l'unité de surface.

Hauteur

Les résultats sont présentés sur la figure 1.

On remarque d'abord que le dispositif P 300-2 est globalement moins haut que le dispositif principal P 300-1, la différence étant de l'ordre de 5 à 7 p. 100 (calculée d'après les provenances témoins).

La figure 1 révèle très clairement 3 groupes de provenances, à savoir :

1) Les deux hybrides danois (110 et 109) dont la supériorité est incontestable : l'hybride 110 semble dépasser légèrement l'hybride 109. La pousse annuelle moyenne dépasse 0,80 m entre 2 et 11 ans après plantation, dans une station que l'on peut considérer globalement comme assez pauvre (zones d'hydromorphie, zones très lessivées).

2) Le groupe suivant comporte l'unique provenance de mélèze du Japon, (n° 36) représentée dans cette expérience ainsi que l'hybride écossais, (n° 108) les 4 lots des Sudètes (n° 39, 40, 106, 107), la provenance Grojec (104), et 2 provenances artificielles (Schlitz n° 28, Neumünster n° 34). Viennent ensuite certaines provenances alpines, en particulier du Tyrol (Sterzing et Schoenwies) de l'intérieur (Mühlendorf) du Nord (Langau) et de l'Est (Wechselgebiet).

3) Le dernier groupe concerne les autres provenances alpines : à savoir toutes celles des Préalpes du Sud-Est et surtout celles des Alpes du Sud-Ouest (Alpes françaises). La provenance française artificielle Durmenach se situe à la limite des groupes 2 et 3.

Si l'on ne considère que les provenances naturelles de mélèze d'Europe, le classement des hauteurs apparaît inversement proportionnel à l'altitude du lieu d'origine ($r = -0,82^{**}$).

Diamètre (mesuré en cm à 1,30 m)

Les données regroupées sur la figure 2 permettent de dégager les conclusions suivantes :

Les hybrides danois se détachent très nettement, ceci, bien que la compétition entre individus dans les populations d'hybrides soit, à priori, plus importante que celle qui s'exerce dans les autres provenances (densité de survivants plus élevée, forte vigueur des individus).

Pour les autres lots, on enregistre encore une forte variabilité : mélèze du Japon et hybride écossais (proche du précédent) viennent en tête, suivis par les autres provenances dans un ordre voisin de celui présenté pour les hauteurs, sans qu'il soit possible toutefois de distinguer nettement deux groupes.

Si l'on considère le rapport diamètre/hauteur qui caractérise l'élancement du fût, on constate que les provenances des Alpes, et en particulier celles des Alpes françaises, sont très « trapues ». Ce caractère a pu être accentué pour ces provenances par la faible densité due à une forte mortalité. La provenance la plus « élancée » est la provenance artificielle Schlitz, suivie des 4 provenances des Sudètes et de la provenance polonaise Grojec. Les hybrides occupent une position intermédiaire.

A = P 300 1
B = P 300 2

FIG. 1. — Hauteur totale à 13 ans (cm)
13 years total height (cm)

FIG. 2. — Diamètre à 1,30 à 13 ans (cm)
13 years DBH (cm)

Volume

Ce caractère est donné à titre indicatif; en effet, il a été calculé pour l'arbre de hauteur et diamètre moyen (moyennes ajustées) par la formule $V = D^2 \cdot H$.

Les différences entre provenances sont alors considérables. L'hybride danois devrait assurer une production double de celle de la meilleure provenance des Sudètes 107 (Hradec nad Opavou).

L'examen des tables de production britanniques montre que les performances des mélèzes d'Europe et du Japon, en première classe de fertilité, sont largement dépassées par le mélèze hybride 110 de l'expérience décrite ici.

On peut donc se demander si dans ce type de station, le reboiseur n'aurait pas intérêt à préférer le mélèze hybride à d'autres espèces jugées très productives comme le douglas. Une autre expérience installée également dans la forêt de Coat-an-Hay, permet d'apporter quelques éléments de réponse.

Cette expérience compare 4 espèces : épicéa de Sitka, mélèze du Japon ⁽¹⁾, mélèze d'Europe (Schlitz), douglas (Nanaïmo — Ile de Vancouver : provenance relativement satisfaisante pour la croissance); 7 ans après plantation, la hauteur totale est de 4,46 m pour le douglas, 4,16 pour le mélèze d'Europe, 5,02 pour le mélèze du Japon. En utilisant comme « pont » la provenance Schlitz, entre cette expérience et l'expérience 300-1, on peut admettre que le mélèze hybride 110 aurait dans cette expérience une hauteur de 5,20 m. Ne disposant pas de mesure de diamètre, on ne peut conclure quant à la production mais la supériorité de l'hybride par rapport au douglas est toutefois fort probable.

Par ailleurs, le mélèze d'Europe (Schlitz) semble plus plastique que le douglas (Nanaïmo). Si l'on calcule en valeur relative l'amplitude de la variation de la hauteur moyenne des parcelles unitaires, celle-ci est de 7 p. 100 pour le mélèze, 24 p. 100 pour le douglas.

Enfin, la moindre sensibilité au vent du mélèze constituerait un argument de plus en faveur de cette espèce; ce facteur climatique est souvent limitant en Bretagne.

2.13. Caractères de forme

Selon une méthodologie classique, nous avons distingué les critères suivants : courbure au pied, flexuosité (c'est-à-dire, changement de direction du fût, autre que la courbure au pied), largeur de la cime; ces caractères ont été notés selon les échelles suivantes :

Note	Courbure	Flexuosité	Cime
0	Pas de courbure	Pas de flexuosité	Cime étroite et aiguë
1	Courbure à grand rayon	Flexuosité légère	Cime moyenne
2	Courbure accusée	Flexuosité accusée	Cime très large

(1) La provenance figurant dans cette expérience diffère de celle représentée dans la plantation comparative de mélèze (36 : Ina).

L'angle d'insertion des branches a été mesuré en degrés par visée, sur un rapporteur, en prenant le fût comme axe d'origine.

On peut remarquer que (sauf pour l'angle des branches) de telles notations sont inévitablement subjectives. Il est difficile, en effet, de « voir » un arbre sous tous les angles (360°) à la fois. De plus, il est évident que des défauts, même mineurs, apparaîtront très clairement dans une population en moyenne de bonne qualité. Une bonne population telle l'hybride 110 se trouve donc pénalisée par rapport à une provenance de forme médiocre, telle que Grojec (104). L'écart constaté entre ces provenances est dans la réalité plus grand que ne le laissent apparaître les résultats chiffrés présentés ici.

Courbure au pied et flexuosité, sont des caractères d'intérêt majeur pour une espèce telle que le mélèze. En effet, pour être très rentable, une sylviculture à base de mélèze doit déboucher sur une production de bois de haute qualité, ce qui implique certainement l'utilisation d'arbres très rectilignes.

Des branches s'écartant de l'horizontale impliquent des surfaces de nœuds plus importantes au sciage.

Enfin, l'étude de la largeur de la cime peut fournir une certaine information sur les possibilités d'adaptation à des climats difficiles.

Courbure au pied

La figure 3 présente les résultats sous deux formes, à savoir :

- un classement des provenances à partir des moyennes de notes,
- le pourcentage de plants sans courbure.

On distingue schématiquement deux groupes :

- l'hybride danois ainsi que quelques provenances alpines (mais pas toutes) se caractérisent par une excellente rectitude au pied (55 p. 100 à 63 p. 100 d'arbres sans défauts).
- toutes les autres provenances ont plus de 50 p. 100 d'individus défectueux, le phénomène étant particulièrement marqué pour le lot Grojec.

Flexuosité

Les classements sont également présentés sous deux formes : (fig. 4).

- moyenne des notes,
- p. 100 de plants très flexueux (note 2) par provenance.

Il apparaît clairement que la provenance Grojec, ainsi que les lots de Sudètes, le mélèze du Japon et la provenance artificielle Schlitz, sont très flexueux : on enregistre 75 p. 100 d'individus très flexueux pour Grojec, 50 à 60 p. 100 chez les provenances des Sudètes. Au contraire, les hybrides danois comportent plus de 80 p. 100 d'individus rectilignes. A noter également le bon classement de Wechselgebiet.

D'une façon générale, il semble bien que le défaut de rectitude soit plus marqué chez le mélèze que chez d'autres espèces résineuses (sauf peut-être le pin sylvestre).

S'il semble peu probable que les courbures basales les plus accentuées (note 2) puissent « se corriger » ultérieurement, on peut, au contraire, envisager l'hypothèse d'une disparition

FIG. 3. — Courbure au pied à 13 ans (notation quantitative et qualitative : % de 0)
13 years foot bending (quantitative and qualitative (% of 0) estimation)

FIG. 4. — Flexuosité à 13 ans (notation quantitative et qualitative : % de 2)
13 years stem crookedness (quantitative and qualitative (% of 0) estimation)

progressive des flexuosités affectant les parties du fût de faible grosseur. La stabilité phénotypique des flexuosités sera donc prise en considération pendant toute la durée de cette expérimentation (40 ans environ) mais de toute manière, l'existence d'un noyau central présentant ce type de déformation constitue un défaut grave si son diamètre est important.

Angle des branches

En tête de classement, on trouve encore les hybrides danois, avec des branches plus « horizontales » que chez les autres populations étudiées.

L'ordre dans lequel se présentent les diverses provenances rappelle celui du classement de hauteur ou diamètre.

On remarque enfin le mauvais classement pour ce caractère de la provenance Durmenach.

Cime

Le mélèze du Japon et l'hybride écossais se situent en tête pour la largeur des cimes; les hybrides danois se situant à un niveau moyen. La forte compétition individuelle dans ces populations hybrides peut expliquer une certaine réduction de la largeur de cime.

La provenance Wechselgebiet se distingue par des cimes très étroites (20 p. 100 d'arbres notés 0).

2.14. *Caractères divers*

2.141. *Fructification*

Nous avons été frappés par l'apparition précoce des floraisons sur l'ensemble du dispositif.

La fructification a été observée à 13 ans de la manière suivante :

- 0 arbre sans cône,
- 1 arbre ayant moins de 30 cônes,
- 2 arbre ayant plus de 30 cônes.

Compte tenu de la persistance des cônes, ceux qui ont été ainsi dénombrés peuvent être d'âge divers. Les résultats de l'analyse correspondent assez bien à ceux concernant la vigueur.

2.142. *Morphologie des cônes*

Des cônes, produits en 1972, ont été prélevés sur des arbres de plusieurs provenances (11, 16, 24, 18, 20, 23, 26, 30, 34, 36, 108, 110) en février 1973. Ils ont fait l'objet de mesures et observations portant sur :

- *les dimensions* : longueur, largeur, rapport $\frac{\text{longueur}}{\text{largeur}}$
- *la forme et l'aspect* : ouverture du cône (cône en rosette), forme de l'apex (pointu, arrondi, intermédiaire), position des bractées (apparentes ou non).

Les principaux résultats se résument comme suit :

a) *dimensions* : des variations importantes existent entre cônes d'une même provenance, mais aussi entre moyennes de provenances : de 27 à 34 mm en longueur, de 15 à 19 mm en largeur. La liaison longueur-largeur du cône est forte entre les moyennes de provenances. Ceci explique que la « forme » du cône, caractérisée par le rapport longueur/largeur est très voisine d'une provenance à l'autre (1,85 en moyenne), et entre espèces, ce qui est surprenant. On aurait pu penser, a priori, que les cônes de mélèze du Japon seraient plus ronds que ceux de mélèze d'Europe.

Aucune loi de variation des dimensions du cône en fonction du lieu d'origine des provenances n'apparaît clairement. Les deux mélèzes hybrides portent des cônes de dimensions voisines de la seule provenance de mélèze du Japon représentée dans l'expérience.

b) *Forme et aspect*

— l'ouverture des cônes en « rosette », caractère bien connu du mélèze du Japon, se trouve confirmée (100 p. 100 des cônes observés). Pour le mélèze d'Europe, la fréquence des cônes en rosette est faible à nulle, sauf pour la provenance n° 34 Neumünster (artificielle) où elle atteint 31 p. 100. Pour ce caractère, les deux hybrides (108 et 110) sont très proches du mélèze du Japon (75 à 90 p. 100 des cônes en rosette).

— l'aspect globuleux (apex très arrondi) du cône du mélèze du Japon est également confirmé. Cependant, ceci n'est pas spécifique, puisque ce caractère se retrouve chez certaines provenances de mélèze d'Europe; sa variabilité (individuelle et entre moyennes de provenances) semble d'ailleurs forte. Les deux hybrides (108 et 110), sont, pour ce caractère, très semblables au mélèze du Japon.

— le caractère « bractées non visibles » est constant dans la provenance de mélèze du Japon représentée ici, ce qui est connu. Les deux mélèzes hybrides ont des cônes présentant la même disposition. Par contre, il semble que chez le mélèze d'Europe on enregistre une grande variabilité pour ce caractère avec l'échantillon de provenances étudiées : la fréquence des cônes à bractées visibles varie de 0 à 100.

En conclusion, le cône du mélèze d'Europe semble extrêmement variable. La mise en évidence d'éventuelles lois de variabilité en fonction de la situation géographique, demanderait un échantillonnage de provenances plus abondant; les cônes des deux mélèzes hybrides représentés ici, rappellent ceux du mélèze du Japon. Les caractères du cône du mélèze du Japon (voie paternelle) seraient dominants. Nous rappelons en effet que l'hybride 110 a comme mère, un clone de mélèze d'Europe pollinisé par une famille de pleins frères de mélèze du Japon.

2143. *Sensibilité aux maladies*

Enfin, le mélèze d'Europe est très sensible au chancre (*Dasyscypha willkommii*), cette sensibilité étant d'ailleurs variable avec les provenances (KOCIECKI 1968). Cette maladie n'existe pas actuellement dans cette région de la Bretagne, d'où l'impossibilité de faire la moindre observation à ce sujet.

2.2. — Influence du milieu sur la vigueur et la forme

Le dispositif principal (300-1) a été implanté sur un terrain relativement peu homogène; on note, en particulier des stations très humides (bloc 12), des stations à sol filtrant et lessivé (blocs 21, 19) et des stations fertiles (blocs 1, 2). Le dispositif en blocs incomplets équilibrés, a permis d'obtenir une certaine précision (blocs de surface réduite), mais ne permet pas de déceler par analyse classique une éventuelle interaction bloc x provenance; en effet chaque provenance n'est pas représentée également sur chaque type de station.

En outre, le développement important de la végétation concurrente dans les années ayant suivi la plantation a apporté un certain nombre de biais; ainsi, les populations les moins vigoureuses ont été soumises à des effets de compétition dus aux adventices, supérieurs à ceux subis par les populations à forte croissance initiale.

L'interprétation des résultats présentés ici, doit donc être nuancée. Les faits marquants se résument comme suit :

a. croissance

Hauteur et volume théorique à 13 ans.

Dans l'expérience 300-1, on note un effet bloc significatif pour la hauteur à 13 ans ($F = 4,8^{xx}$) comme pour le diamètre ($F = 2,2^x$). Pour approcher d'éventuelles interactions blocs x provenances, on a calculé, pour chaque provenance, la déviation de la moyenne de chaque parcelle unitaire i ($\bar{X}_i$) par rapport à la moyenne générale de la provenance $\bar{X}$.

Cette déviation exprimée en valeur relative, $\frac{\bar{X}_i - \bar{X}}{\bar{X}}$, estime la stabilité phénotypique d'une provenance et dans une certaine mesure sa plasticité (quand la valeur du rapport est faible).

Partant du critère volume, on observe que certaines populations sont très variables : l'amplitude des déviations relatives est de 123 p. 100 pour le mélèze du Japon, 118 p. 100 pour la provenance 40 (Ruda nad Moravou, Sudètes). D'autres provenances semblent, au contraire, plus stables; c'est le cas de la provenance 104 (Grojec, Pologne) 35 p.100 ou bien l'hybride 110 : 41 p. 100.

Avec le caractère hauteur, l'amplitude est de 50 p. 100 pour la provenance 40; l'hybride 110 fournit la valeur la plus basse : 11 %. Ceci souligne encore davantage l'intérêt de cet hybride, apparemment plastique. Il serait donc intéressant d'étudier son comportement, par introduction dans des stations très variées.

b. forme

On a noté un effet bloc significatif pour tous les caractères de forme.

Angle

Dans l'expérience 300-1, l'analyse de la variance révèle un effet bloc très fort ($F = 21,9^{xx}$). On a remarqué une nette tendance au port fastigié des arbres quelle que

soit la provenance, dans les blocs assis sur station humide. Les branches sont plus horizontales dans les blocs situés sur sol riche ou pauvre, mais bien drainé.

Courbure et flexuosité

Ces caractères sont soumis à de multiples facteurs du milieu : conditions édaphiques, vent, compétition, concurrence des adventices. Ce dernier facteur a beaucoup joué dans les années qui ont suivi la plantation.

Il semble que la flexuosité soit liée dans une certaine mesure à la fertilité. Dans les stations pauvres (bloc 21) ou humides (parties des blocs 12 et 14), la flexuosité est moins marquée. Elle l'est par contre davantage dans les blocs riches (bloc 1).

Ces observations méritent d'être nuancées; il existe probablement, comme chez d'autres espèces, des interactions flexuosité-station. On peut noter, par exemple, que les provenances 36 (mélèze du Japon), 28 (Schlitz), 11 (Wechselgebiet), semblent suivre cette loi. Pour les provenances 110 (hybride), 40 (Ruda nad Moravou) et 106 (Olomouc), aucune tendance n'apparaît clairement. Enfin, la provenance 30 (Zabreh-Dubicko) semble suivre une loi inverse : elle est moins flexueuse dans les parties riches que dans les parties pauvres.

Au niveau des moyennes de parcelle, la courbure n'est qu'assez faiblement liée à la flexuosité : $r = 0,47^{xx}$ (flexuosité et courbure étant exprimées en p. 100 de 2). L'influence du milieu ne s'exercerait donc pas de la même façon sur ces 2 caractères.

c. fructification

Dans l'expérience 300-1, l'effet bloc est significatif pour ce caractère. D'une façon générale, on peut noter une certaine liaison positive entre la fructification et la fertilité (donc avec la vigueur). Toutefois, une situation de forte compétition (mélèze hybride 110 bloc 2) réduit la fructification. Cette réduction est probablement à attribuer davantage à une concurrence au niveau des cimes plutôt qu'au niveau racinaire.

2.3. — Liaisons entre moyennes de provenances (moyennes ajustées) pour différents caractères (expérience 300-1)

L'échantillonnage limité et forcément incomplet de provenances ne permet pas d'établir des lois de variabilité intraspécifique : on ne peut que dégager certaines tendances.

2.31. Liaisons entre caractères mesurés à 13 ans

a) entre caractères de dimension

La liaison hauteur-diamètre est comme prévu très bonne ($r = 0,95^{xx}$). Cependant, certaines provenances sont représentées par des points éloignés de la droite de régression, du fait de leur forme élancée (cf. 2.12)

b) *entre caractères de forme et de dimension*

La largeur de la cime est liée à la vigueur, les provenances à cimes aiguës étant les moins productives ($r = 0,62^{xx}$ entre la note de largeur et la hauteur totale). Si on ne considère que les provenances *naturelles* de mélèze d'Europe, on trouve : $r = 0,61^x$.

L'angle des branches est lié à la hauteur ou au diamètre; les coefficients de corrélation sont respectivement de $0,69^{xx}$ et $0,75^{xx}$; quelques provenances échappent à cette loi, en particulier Wechselgebiet plus fastigié que ne le laisserait prévoir sa vigueur, et Cavedine qui présente le cas inverse.

Enfin *flexuosité* et *courbure* ne sont pas liées à la vigueur (hauteur à 13 ans) de façon significative.

c) *entre caractères de forme*

courbure-flexuosité

A priori, la courbure au pied se présente comme un cas particulier de flexuosité. Ce point de vue semblerait confirmé par le fait que les provenances à forte fréquence d'individus flexueux, comportent également une grande proportion d'individus présentant une courbure basale (provenance Grojec par exemple). Le coefficient de corrélation entre les 2 caractères (notation quantitative) est de 0,78. Cependant, l'examen du nuage de points fait apparaître le caractère un peu « artificiel » de cette corrélation; ceci est dû au « poids » de la provenance Grojec très flexueuse et courbe d'une part, et de la provenance Wechselgebiet et de l'hybride 110, peu courbes et peu flexueuses d'autre part. Pour les autres provenances, la liaison semble beaucoup moins nette.

cime — angle des branches

Les populations comportant une forte proportion d'individus à branches s'écartant de l'horizontale, se caractérisent également par une fréquence élevée d'arbres à cime aiguë ($r = 0,75^{xx}$). Il s'agit là d'un phénomène presque évident traduisant une sorte d'adaptation aux conditions d'altitude. Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse, en étudiant les liaisons angle des branches-altitude et largeur de cime-altitude. En ne considérant que les provenances naturelles à l'exclusion des artificielles, des hybrides et du mélèze du Japon du dispositif 300-1, il apparaît que :

- l'angle des branches est lié négativement mais assez faiblement avec l'altitude ($r = -0,64^x$); cette valeur relativement faible s'explique par le fait que ce caractère semble assez fortement soumis aux conditions de milieu (cf 22), et que chaque provenance n'est pas représentée sur tous les milieux (dispositifs en blocs incomplets). De plus, l'examen du nuage de points montre que certaines provenances des Alpes françaises échappent à cette tendance (sans les provenances françaises, $r = -0,72^x$).

- la largeur de la cime est liée de façon négative à l'altitude $r = -0,70^{xx}$ (quantit) $r = 0,58^x$ (p. 100 de 0). Cependant, l'examen du nuage de points confirme la première observation : les provenances de l'Embrunais et du Briançonnais, se classent nettement à part. On peut proposer l'explication suivante :

Ces 4 provenances ont subi une forte mortalité (75 à 80 p. 100 de plants morts) très

supérieure aux autres provenances. La compétition entre arbres étant pratiquement nulle, les conditions de développement des cimes sont notablement différentes de celles des autres provenances. En les éliminant du calcul de corrélation on aboutit à un coefficient de $0,90^{xx}$ (p. 100 de 0 : cime étroite). Pour ces provenances, on peut apprécier la part qui revient à chacun des facteurs altitude et vigueur (hauteur à 13 ans) pour « expliquer » la forme de la cime (régression partielle). Il apparaît que l'apport de la hauteur après l'altitude n'est pas significatif; par contre, l'apport de l'altitude après la hauteur est significatif.

Ces résultats montrent clairement le rôle de la pression de sélection naturelle. Celle-ci a modelé, sous l'action de la neige et du givre, des écotypes à cime d'autant plus étroite que les conditions sont difficiles.

d) *liaison fructification-vigueur*

L'abondance de la fructification est liée à la vigueur d'une provenance ($r = 0,76^{xx}$ avec la hauteur à 13 ans). On note toutefois que la provenance 104 (Grojec) est moins fructifère que ne le laisserait supposer son rang de vigueur.

2.32. *Liaisons entre caractères mesurés à 13 ans et caractères juvéniles*

a) *stabilité des classements de vigueur*

La liaison entre les moyennes de hauteur à la sortie de pépinière (2 ans) et celles calculées 11 ans plus tard (13 ans après semis), s'établit à un niveau très élevé ($r = 0,92^{xx}$); de même, hauteur en pépinière (2 ans) et volume moyen théorique 11 ans après plantation (diamètre au carré par hauteur) sont fortement corrélés ($r = 0,88^{xx}$).

On peut donc conclure à une bonne stabilité des classements de vigueur dans le temps et dans l'espace (la pépinière étant située près de Nancy sous climat semi-continental à 800 km à l'est de la plantation comparative). Ceci autorise l'utilisation de tests précoces pour la sélection de populations de mélèze à forte croissance.

b) *liaison tardiveté du débourrement végétatif de 6^e année et hauteur à 13 ans*

Les populations les plus vigoureuses sont aussi les plus tardives ($r = 0,88^{xx}$), ce qui confirme les observations antérieures.

c) *liaison fructification 13 ans et tardiveté du débourrement végétatif de 6^e année*

Le coefficient de corrélation entre ces 2 caractères est de $0,86^{xx}$. Les provenances les plus tardives seraient donc aussi les plus fructifères. En fait, comme fructification et vigueur sont également liées (cf 2.311), cette liaison pourrait ne pas être « explicative ». Le calcul de la régression à 2 variables, tardiveté du débourrement et hauteur à 13 ans, montre que l'apport du débourrement après la hauteur est significatif et non l'inverse.

On peut avancer l'explication suivante : si l'on admet que chez le mélèze précocité du débourrement végétatif et de la floraison sont liées (hypothèse à vérifier), les populations à forte fréquence d'individus à débourrement végétatif tardif verraient aussi leurs fleurs apparaître plus tardivement en saison, au moment où la probabilité de gelées tardives est moindre.

d) *liaison fructification à 13 ans et hauteur à 6 ans*

Le coefficient de corrélation entre ces deux caractères est de $0,82^{xx}$, donc plus fort que pour la hauteur à 13 ans. Les deux variables, hauteurs à 13 ans et 6 ans, sont évidemment étroitement corrélées. Afin d'éliminer cette liaison, nous avons calculé la régression à 2 variables : fructification : f (H 6 ans, H 13 ans). Les résultats montrent que l'apport de la variable hauteur à 6 ans, après l'introduction de la variable hauteur à 13 ans est significatif, mais non l'inverse. La vigueur initiale semble donc conditionner l'aptitude à la fructification.

Par contre, si l'on cherche à « expliquer » la fructification à 13 ans par le débourrement de 6^e année et la hauteur à 6 ans, l'apport d'une variable, l'autre étant introduite, n'est pas significatif dans les 2 cas.

III. — ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ INDIVIDUELLE INTRA-PROVENANCES

Les calculs aboutissant aux résultats présentés, ont été effectués par la Station de Biométrie du C.N.R.F. (programme FALUN). Ce programme permet l'analyse et la décomposition des variances et covariances à un facteur contrôlé (ici provenances), l'effet bloc étant négligé. Ce programme fournit :

- les moyennes et écarts-types des différents caractères pour chaque provenance
- la matrice des coefficients de corrélation au sein de chaque provenance
- les matrices des coefficients de corrélation *inter* (entre moyennes de provenance) et *intra* (entre données individuelles dans les provenances pour l'ensemble des provenances).

3.1. — Homogénéité des différentes provenances

Pour estimer l'homogénéité intraprovenance, nous avons choisi comme critère, le *coefficient de variation* pour les caractères de dimension soumis à effet d'échelle (la variance dépend alors de la valeur de la moyenne), l'*écart-type* pour les caractères qualitatifs.

3.1.1. Mesures de dimension

Si l'on examine l'évolution dans le temps du coefficient de variation de la hauteur totale (à 4 ans, 6 ans, et 13 ans) pour le dispositif 300-1, ce paramètre atteint, deux ans après plantation, des valeurs assez élevées, traduisant la crise de transplantation ($27 \text{ p. } 100 < CV < 38 \text{ p. } 100$); deux ans après (âge 6 ans), la concurrence des adventices (fougères, genêts) est telle que le coefficient de variation (hauteur à 6 ans) passe par un maximum pour la plupart des provenances ($29 \text{ p. } 100 < CV < 43 \text{ p. } 100$). L'augmentation du coefficient de variation atteint même 10 points pour certaines provenances. Trois populations voient leur coefficient de variation diminuer à 6 ans : ce sont par ordre d'importance de l'écart, l'hybride 110, le mélèze du Japon (36), l'hybride de Dunkeld (108), c'est-à-dire, les provenances les plus vigoureuses classées par ordre décroissant. Leur croissance plus rapide, leur a permis, en

FIG. 5. — Coefficient de variation de la hauteur et du diamètre (13 ans)
Coefficient of variation of the total height and DBH (13 years)

effet, d'échapper plus vite aux adventices. 11 ans après plantation (âge 13 ans), tous les coefficients de variation ont diminué ($12 \text{ p. } 100 < CV < 25 \text{ p. } 100$) ce qui est logique.

A cet âge, on note que le caractère hauteur est plus stable que le caractère diamètre. On peut faire les classements suivants (exp 300-1 et 300-2 : cf. fig 5).

- les hybrides danois se distinguent encore par une meilleure homogénéité, phénomène logique pour des caractères soumis à superdominance en génération F1,
- le mélèze du Japon et l'hybride écossais viennent immédiatement après,
- à l'inverse, les provenances alpines françaises d'altitude semblent très hétérogènes : cette hétérogénéité a été probablement accentuée par la végétation concurrente sur ces provenances à croissance initiale lente.

3.12. *Forme* (cf. fig. 6)

Pour tous les caractères (angle des branches, cime, courbure, flexuosité) le mélèze hybride 110 apparaît comme la plus homogène des populations testées. Toutefois, la variabilité intraprovenance des différents caractères atteint un niveau comparable d'une provenance à l'autre, sauf pour l'angle des branches. La variabilité de ce caractère s'explique par la forte influence du milieu déjà signalée.

3.2. — *Liaisons phénotypiques individuelles*

On peut étudier ces liaisons en calculant le coefficient de corrélation intra (sur l'ensemble des provenances) pour les divers couples de caractères et en comparant les coefficients de corrélation calculés pour chacune des provenances, pour les mêmes couples de caractères.

On remarquera qu'il s'agit bien ici de corrélations phénotypiques qui peuvent donc s'écarter des corrélations génétiques correspondantes.

3.21. *Caractères mesurés à 13 ans*

Le *diamètre* est fortement lié à la *hauteur* totale ($r \text{ intra} = 0,86^{xx}$ et $0,87^{xx}$ respectivement pour les expériences 300-1 et 300-2), ce qui n'est pas surprenant. On note peu de différences entre les provenances, les coefficients de corrélation se situent à des niveaux élevés, sauf pour les deux hybrides 110 et 109 ($r = 0,72^{xx}$ et $r = 0,79^{xx}$). Il s'agit sans doute ici d'une conséquence des effets de compétition entre arbres au sein de ces deux populations très vigoureuses (Le diamètre étant plus affecté que la hauteur). Nous rappelons, en outre, que ces deux populations sont les plus homogènes.

L'*angle d'insertion des branches* est lié positivement, mais de façon peu étroite, avec la *hauteur totale* ($r \text{ intra} = 0,24^{xx}$ pour l'expérience 300-1, peu différent de 0 pour 300-2); Cependant, l'influence du milieu sur ces 2 caractères (cf 22), ne permet pas de penser que la part génétique de cette liaison est importante (corrélation due au milieu). Ce point mérite d'être éclairci : dans l'hypothèse d'une liaison génétique étroite, la tâche du sélectionneur serait facilitée.

En outre, l'angle d'insertion des branches est lié de façon étroite à la largeur de la cime ($r \text{ intra} = 0,42^{xx}$ et $0,60^{xx}$ respectivement pour les expériences 300-1 et 300-2). Ce résultat

FIG 6. — Écart-type des caractères de forme
Standard deviation of the form traits

est logique, puisqu'il indique que l'arbre à branche horizontale a une cime plus large que l'arbre fastigié.

La *fructification* a tendance à être plus *abondante* sur les arbres *vigoureux* ($r_{\text{intra}} = 0,31^{xx}$ avec le diamètre pour l'expérience 300-1). Ceci permet déjà de remarquer qu'il s'agit d'une fructification « saine » et non d'une fructification de « misère physiologique » (cas fréquent chez les arbres forestiers). L'influence évidente du milieu sur les 2 caractères ne permet pas d'établir d'hypothèses sur le sens de la liaison génétique entre ces deux caractères.

Par contre, l'abondance de la fructification n'apparaît que faiblement liée à la largeur de la cime ($r_{\text{intra}} = 0,12$ exp 300-1).

La *flexuosité* est liée positivement mais faiblement à la vigueur (hauteur et diamètre) ($r_{\text{intra}} = 0,15$ pour l'expérience 300-1). Toutefois, l'examen individuel de chaque provenance permet de voir que le coefficient de corrélation entre ces caractères est plus élevé ($0,25 < r < 0,46$) chez certaines provenances vigoureuses (Mélèze du Japon, Schlitz, Dobris, Neumünster, Sudètes : Hradec, Olomouc) sauf Grojec. La liaison est nulle ou négative chez les autres provenances, notamment les moins vigoureuses (Embrunais, Briançonnais).

En outre, la flexuosité est liée mais faiblement à la courbure.

Dans ce cas encore, l'influence probable de l'environnement sur l'expression des caractères ne permet pas d'avancer d'hypothèse sur le sens des corrélations génétiques.

3.22. Liaisons entre caractères mesurés à 4 et 6 ans et à 13 ans

a) stabilité des classements de vigueur

Les résultats sont résumés dans le tableau 2

TABLEAU 2

Corrélations individuelles entre performances à divers âges
(H_4 , H_6 , H_{13} , hauteurs à 4, 6, 13 ans; V_{13} volume à 13 ans)

	amplitude de la corrélation intra dans chaque provenance	corrélation intra moyenne
r_{H_4, H_6}	$0,51^{xx} < r < 0,84^{xx}$	$0,75^{xx}$
$r_{H_6, H_{13}}$	$0,51^{xx} < r < 0,85^{xx}$	$0,69^{xx}$
$r_{H_4, H_{13}}$	$0,26^{xx} < r < 0,70^{xx}$	$0,51^{xx}$
$r_{H_4, V_{13}}$	$0,33^{xx} < r < 0,64^{xx}$	$0,49^{xx}$
$r_{H_6, V_{13}}$	$0,51^{xx} < r < 0,80^{xx}$	$0,71^{xx}$

Dans l'ensemble, les liaisons (corrélation intra) apparaissent assez satisfaisantes, ce qui laisse entrevoir des possibilités de sélection individuelle précoce pour la vigueur.

Il est possible cependant que la concurrence des adventices dans les premières années de plantation ait apporté un biais, notamment pour les provenances les moins vigoureuses. En effet, les plants les plus faibles ont été pénalisés au profit des plus grands, les écarts étant par la suite « cristallisés », en particulier par la compétition entre arbres. Pour étayer cette

hypothèse, on peut remarquer que l'hybride danois et le mélèze du Japon, populations les plus vigoureuses et les plus homogènes, présentent la plus mauvaise stabilité individuelle dans le temps. Ces biais rendent hasardeuse l'interprétation de ces corrélations en termes génétiques.

b) *autres liaisons entre caractères*

— liaison entre la tardiveté du débourrement végétatif et la vigueur.

Le coefficient de corrélation intra est un peu plus fort ($0,37^{xx}$) avec la hauteur à 13 ans qu'avec la hauteur à 6 ans ($0,31^{xx}$). La notion d'augmentation de tardiveté avec la hauteur totale se trouve donc confirmée.

— corrélation entre la fructification à 13 ans et la tardiveté à 6 ans.

Au niveau individuel, les choses ne sont pas si claires qu'au niveau moyenne de provenance. On observe bien une liaison positive entre tardiveté du débourrement végétatif et fructification, mais le coefficient de corrélation intra n'est que de 0,13 (bien que significatif).

Seules des observations précises portant sur le développement des bourgeons végétatifs et floraux, permettraient de comprendre le phénomène.

— corrélation entre la fructification à 13 ans et la hauteur à 6 ans.

Au niveau individuel, la fructification à 13 ans est également corrélée plus étroitement avec la hauteur à 6 ans, qu'avec la hauteur à 13 ans $r_{\text{intra}} = 0,39^{xx}$ (au lieu de $0,26^{xx}$).

Au niveau de chaque provenance, on trouve : $0,16 < r < 0,58$. Presque systématiquement, la valeur est plus élevée avec la hauteur à 6 ans, qu'avec la hauteur à 13 ans.

La question est de savoir si la fructification est liée au niveau général de vigueur du plant ou à la vigueur à un âge donné. La régression à 2 variables explicatives (fructification = $f(H_{13 \text{ ans}}, H_{6 \text{ ans}})$) permet d'apporter une réponse. Le calcul a été fait au niveau individuel pour 4 populations : Olomouc (106), Schlitz (28), le mélèze hybride 110 et Neumünster (34) qui présentaient une fructification assez abondante. Les résultats montrent que l'apport de la hauteur à 13 ans après l'introduction de la hauteur à 6 ans n'est significatif que dans le cas de l'hybride 110; par contre, la hauteur à 13 ans étant introduite, l'apport de la hauteur à 6 ans est toujours significatif. Ceci confirme tout-à-fait les résultats découlant des moyennes de provenances (cf 232.2.)

Tout se passe finalement comme si la fructification était liée spécialement à la vigueur initiale. On a par ailleurs constaté en 1973, que les cônes apparaissaient principalement à la partie inférieure de la cime, c'est-à-dire sur des branches développées au stade juvénile. Nous ignorons s'il y a une relation entre la conclusion précédente et cette observation.

IV. — CONCLUSIONS

Les conclusions de ce bilan tiré à l'âge de 13 ans sont de 2 ordres. Il permet d'une part de confirmer et de préciser certains résultats juvéniles sur la variabilité naturelle du mélèze d'Europe; il nous autorise d'autre part à présenter des propositions pour l'orientation du programme d'amélioration génétique de cette espèce.

4.1. — *Variabilité du mélèze*

Pour l'expérience 300-1, on a tenté de synthétiser l'ensemble des observations faites sur les différents caractères par une analyse en composantes principales (cf. fig. 7). Le premier axe (47 P 100 de la variation) correspond à des caractères de *vigueur*, le deuxième axe (pourcentage cumulé de la variation 76 P 100) correspond aux caractères *courbure* et *flexuosité*. Enfin, le 3^e axe (pourcentage cumulé de la variation 84 P 100) correspond partiellement aux caractères de cime : *forme et angle des branches*.

On peut noter :

- la qualité exceptionnelle du mélèze hybride « danois » qui se classe tout-à-fait à part ;
- le bon « groupement » des provenances des Sudètes. Ceci semble confirmer que cette région de provenances constitue bien une entité génétique réelle. La provenance artificielle allemande Neumünster a un comportement très voisin des provenances des Sudètes. Cette provenance pourrait donc être recommandée au reboiseur, ainsi d'ailleurs, dans une moindre mesure, que la provenance artificielle allemande Schlitz. Par contre, la provenance polonaise Grojec, semble s'écarter du groupe des Sudètes, du fait de sa forme très mauvaise.

- le mélèze hybride de Dunkeld (F 2, n° 108) et le mélèze du Japon (n° 36) restent groupés.

- parmi les provenances alpines, on peut séparer :

- les provenances de l'Embrunais,

- les provenances du Briançonnais,

- les provenances italiennes (moins net pour Cavallèze),

- les provenances autrichiennes Wechselgebiet (n° 11) et Langau (n° 7); la provenance Mühldorf (n° 3) est à part, semblant indiquer une certaine hétérogénéité des provenances autrichiennes qui se dégage également de l'expérience 300-2.

4.2. — *Orientations pour l'amélioration génétique du mélèze*

Les résultats de cette expérience font apparaître l'intérêt tout particulier de certaines formules de *mélèze hybride*, en particulier le 110; il conviendra de confirmer sa plasticité par des tests multistationnels, et d'examiner la qualité du bois produit. Cependant et en tenant compte de l'expérience acquise au Danemark, on peut dès à présent envisager le passage à la pratique et la mise en place de verger à graines de mélèze hybride ⁽¹⁾.

Le *mélèze d'Europe* a été « condamné » comme espèce de reboisement à la suite d'échecs spectaculaires enregistrés dans le passé; comme pour le Pin sylvestre, ces échecs sont imputables à des erreurs dans le choix des sources de graines. Les graines utilisées pour les reboisements à basse altitude en conditions océaniques, venaient souvent des Alpes françaises

(1) Un programme de verger à graines produisant des graines de l'hybride « danois » est actuellement en cours de réalisation.

FIG. 7. — Composantes principales (expérience 300.1)
Principal components (experiment 300.1)

(Briançonnais). Ces provenances se sont montrées peu vigoureuses et surtout très sensibles au chancre (*Dasyscypha willkommii*).

Les résultats présentés ici (confirmant d'ailleurs ceux obtenus à l'étranger), montrent qu'il existe, en particulier dans les Sudètes, des provenances de grande valeur. Elles pourraient redonner au mélèze d'Europe la place qu'il mérite, parmi les autres espèces de reboisement, par ses qualités (vitesse de croissance, qualité du bois, plasticité). La supériorité des provenances de cette région se manifeste par : la croissance rapide, la tardiveté du débourrement végétatif, la résistance au chancre ⁽¹⁾. Cependant, la forme, en particulier la flexuosité, apparaît assez défectueuse. L'utilisation directe de cette source de graine suppose des efforts du sylviculteur pour corriger ce grave défaut, tels que plantation à forte densité, éclaircies « sélectives » très rapprochées. Le coût probablement élevé de ces opérations, ne permet guère de transposer à la France cette méthode utilisée dans d'autres pays.

La seule voie logique consiste donc à améliorer le caractère rectitude, par sélection individuelle dans les meilleures provenances. Plus que pour tous les autres résineux, cette démarche est pour le mélèze nécessaire, car le gain obtenu par la seule sélection de provenances n'est pas suffisant. La sélection individuelle pour la rectitude est d'autant plus justifiée, que ce caractère est généralement soumis à un contrôle génétique très strict (héritabilité « en forêt » élevée). Ce travail pourrait déboucher très simplement et rapidement sur la mise en place de vergers à graines de clones, susceptibles de procurer un gain génétique substantiel.

La rareté et l'insuffisance des fructifications dans les Sudètes, constituent des arguments supplémentaires pour la création de tels vergers.

Enfin, on peut justifier le choix de verger à graines de clones (plutôt que de vergers à graines de familles), par le fait que le mélèze d'Europe constitue rarement dans les Sudètes des peuplements naturels étendus. On le rencontre surtout sous forme de bouquets, voire d'individus isolés. Les risques d'« inbreeding » seraient alors non négligeables.

Ces travaux nous paraissent urgents, car nous sommes convaincus que, grâce à du matériel amélioré, le mélèze (hybride ou provenance Sudètes) peut jouer un rôle important dans la sylviculture française.

Reçu pour publication en juin 1974.

SUMMARY

RESULTS OF A 13 YEARS OLD LARIX PROVENANCES EXPERIMENT

This paper presents different data obtained from a *Larix* provenances experiment 13 years after sowing (international experiment).

The main results of the analysis may be resumed as following :

— *provenances means level* :

(1) Non mise en évidence ici mais établie par ailleurs : KOCIECKI (1968).

Good stability of *growth* rank. Within European larch, the Sudeten provenances are at the top, but the Danish hybrid is still much more productive.

The variability of form between provenances is very important (crookedness, basal bending, branches angles). Those characters are partly under environmental influences (especially branches angles). The hybrid is again notably superior.

The Sudeten provenances seem to be genetically very similar.

— *individual level* :

For all characters, hybrids and Japanese larch are more *homogenous* than the other tested populations.

Phenotypic stability in the time of growth rank is good.

The level of variability for form characters, especially crookedness, is so important that individual selection seems necessary.

Those results suggest two main directions for a larch breeding programm :

— establishment of hybrid seed orchards,

— establishment of clonal european larch seed orchards with trees selected in the Sudeten area.

With improved material, larch can be again an important species for french forestry.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALDWIN H.-I., 1956. — The period of height growth in different provenances of european larch. 12^e Congrès IUFRO - Oxford.
- BOUVAREL P., LEMOINE M., 1958. — Races de méléze et grosseur des graines. *Revue forestière française* 348-350.
- DUCHAUFOUR Ph., 1952. — Études sur l'écologie et la sylviculture du Méléze (*Larix europaea* D.C.) II; — Pédologie et facteurs biotiques. *Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*. 13 (1), 135-203.
- FOURCHY P., 1952. — Études sur l'écologie et la sylviculture du méléze (*Larix europaea* D.C.) I. Écologie du méléze particulièrement dans les Alpes françaises. *Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*. 13 (1), 3-132.
- GATHY P., 1955. — A propos du méléze d'Europe en Belgique. *Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique*.
- GATHY P., 1959. — Contribution à l'étude des races de méléze d'Europe. Travaux Série B n°22, Groenen-daal.
- GENYS B.-G. 1960. — Geographic variation in European Larch. New Hampshire Forestry and Recreation Commission. Concord N.-H.
- KIELLANDER C.-L., 1956. — Report on the development of the international provenance test of larch in Sweden. Congrès IUFRO, Oxford.
- KOCIECKI S., 1962. — Polish larch in experimental plantations *Sylwan*. n° 6 23-34.
- KOCIECKI S., 1968. — Alpine larch in Sudety Mts. *Sylwan* n° 9 45-55.
- KOCIECKI S., 1972. — Polish larch on the comparative area of the Forest Research Institute in the experimental forest, agricultural university, at Rogow. *Sylwan* n° 5 23-31.
- KOCIECKI S., 1969. — The size and course of the annual height growth in larch Seedlings of various origin. *Sylwan* n° 10 25-40.
- LEIBUNDGUT H., BERNEY J.-L., 1971. — Contribution au problème des races de mélézes. Longueur d'hypocotyle de différentes provenances de méléze soumises à des photopériodes variées. *Journal Forestier suisse* 122 (12), 614-628.
- Mc COMB A.-L., 1955. — The european larch: its races, site requirements and characteristics. *Forest Science* 1 298-318.
- PARDE J., 1957. — Plaidoyer pour le méléze. *Revue Forestière Française* 634-651.
- SCHOBER R. 1958. — Ergebnisse von Lärchen. Art- und Provenienzversuchen. *Silvae Genetica* 7 137-168.
- TSCHERMAK L., 1932. — Aus des Heimat der europäischen Lärche. *Forstarchiv* 14-49.
- TSCHERMAK L., Die natürliche Verbreitung der Lärche in der Ostalpen. *Mitt. a. d. F. Vw Oesterreichs*, H. 43.
- WOOD R.-F., LINES R., 1958. — Report on Forest Research for the year ended. March 1958 53-54.
- Compte rendu de la réunion de travail des participants à l'expérience internationale de mélézes à Hann-Münden, 13 au 18 octobre 1959.