



HAL
open science

Premiers enseignements d'un réseau européen de plantations comparatives de variétés de mélèze hybride (*Larix x eurolepis* Henry)

Gwenaël Philippe, S. Matz, Y. Curnel, D. Jacques, S. Yip Lee

► To cite this version:

Gwenaël Philippe, S. Matz, Y. Curnel, D. Jacques, S. Yip Lee. Premiers enseignements d'un réseau européen de plantations comparatives de variétés de mélèze hybride (*Larix x eurolepis* Henry). In-génieries eau-agriculture-territoires, 2006, 45, p. 73 - p. 86. hal-00601209

HAL Id: hal-00601209

<https://hal.science/hal-00601209>

Submitted on 17 Jun 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Premiers enseignements d'un réseau européen de plantations comparatives de variétés de mélèze hybride (*Larix × eurolepis* Henry)

Gwenaël Philippe ^a, Stéphane Matz ^a, Yannick Curnel ^b, Dominique Jacques ^b et Steve Lee ^c

Lorsqu'ils ne disposent pas de graines sélectionnées, les exploitants forestiers désireux de replanter des mélèzes peuvent être conduits à importer des matériels de reproduction avec le risque que ces derniers s'adaptent mal aux conditions locales. Cet article restitue les résultats de l'évaluation d'un réseau européen de vergers d'hybridation, huit années après le semis. Ces résultats mettent en avant les performances des variétés hybrides, montrent que la variété locale n'est pas nécessairement la meilleure, et permettent de formuler des conseils en matière de choix des variétés.

Le mélèze est apprécié des sylviculteurs pour sa croissance rapide, la qualité de son bois – durable, esthétique et doté de bonnes propriétés mécaniques, et pour son intérêt paysager. Ces atouts lui confèrent un potentiel indéniable pour le reboisement. En Europe occidentale, trois espèces sont utilisées en forêt : le mélèze d'Europe (*Larix decidua* Mill.), le mélèze du Japon (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) et leur hybride (*Larix x eurolepis* Henry). Les premiers hybrides ont été identifiés au tout début du XX^e siècle, dans le parc du Domaine d'Atholl situé à Dunkeld, en Écosse. Ils se caractérisaient par une vigueur supérieure à celle des espèces parentes, une meilleure forme que le mélèze du Japon et une plus grande résistance au chancre (*Lachnellula willkommii*) que le mélèze d'Europe. Depuis cette époque, de nombreux essais ont confirmé l'intérêt de cette espèce : les hybrides possèdent généralement une plus grande vigueur (Ferrand et Bastien, 1985 ; Baltunis *et al.*, 1998 ; Pâques, 2001), une meilleure forme (Lacaze et Birot, 1974 ; Pâques, 1996), et parfois, un meilleur taux de survie (Zaczek *et al.*, 1994) que les témoins d'espèces pures. Ces qualités ont incité les pouvoirs publics de plusieurs pays européens à développer des programmes d'amélioration qui ont abouti à la création de variétés améliorées vigoureuses, droites et adaptées aux conditions locales de reboisement. Ainsi, en France, les variétés sélectionnées sont nettement supérieures aux espèces parentes et capables de rivaliser avec le Douglas lorsqu'elles bénéficient d'une station et d'une sylviculture adaptées (encadré 1, p. 74).

Mise en place d'un réseau européen d'évaluation de variétés hybrides

Des vergers à graines ont été installés pour assurer la diffusion en masse des matériels sélectionnés (encadré 2, p. 75). Cependant, leur production est souvent insuffisante pour satisfaire les besoins nationaux. Dans ce cas, fréquent en France mais aussi dans d'autres pays, les propriétaires forestiers se voient contraints d'utiliser des matériels forestiers de reproduction (MFR) étrangers. Or, une variété risque de ne pas être adaptée et de ne pas fournir les résultats escomptés si elle est utilisée dans un environnement autre que celui pour lequel elle a été créée. Il convient donc de bien cerner les conditions d'utilisation des variétés commercialisées afin de limiter les risques en cas d'importations. Ces connaissances faisant largement défaut, le Cemagref a initié en 1992 une collaboration avec plusieurs instituts de recherche européens afin d'évaluer les performances et la plasticité des principales variétés hybrides disponibles à l'époque.

Cette coopération s'est concrétisée par la création d'un réseau de tests comparatifs implantés sur onze sites, en Belgique, au Danemark, en France, en Grande-Bretagne et en Suède. Sept d'entre eux ont été mesurés selon un protocole élaboré en commun par les partenaires d'un projet de recherche européen. Cet article présente tout d'abord les premiers résultats obtenus 7 ou 8 ans après le semis (4 à 6 ans après la plantation) pour la mortalité, la croissance et la rectitude du tronc, puis les données issues d'une seconde campagne

Les contacts

a. Cemagref, UR Écosystèmes forestiers, domaine des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson

b. Centre de recherche de la nature, des forêts et du bois, 23, avenue du maréchal Juin, 5030 Gembloux, Belgique

c. The Forestry Commission, Northern Research Station, Roslin, Midlothian, EH25 9SY, Royaume-Uni

de mesures effectuée quatre ans plus tard dans le dispositif français de La Courtine. Ces renseignements seront utiles :

- aux propriétaires forestiers, aux reboiseurs et aux instituts de vulgarisation qui ne disposent à l'heure actuelle que de peu d'informations sur les performances des variétés de mélèze hybride ;
- aux services déconcentrés du ministère en charge des forêts qui dressent la liste des MFR subventionnables et qui suivent les chantiers de reboisement ;
- aux améliorateurs forestiers désireux de connaître l'amplitude des interactions variété-

milieu avant de développer un programme d'amélioration à l'échelle européenne.

Matériels et méthodes

Variétés testées

L'ensemble du réseau permet d'évaluer huit variétés hybrides produites dans sept vergers à graines situés en Belgique, au Danemark, en France, en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas et en Suède (tableau 1). Elles représentent un bon échantillonnage des MFR disponibles dans les pays impliqués dans le programme de recherche

Encadré 1

Conseils d'utilisation pour les variétés de mélèze hybride

Les variétés de mélèze hybride recommandées en France sont utilisables dans les régions de basse et moyenne montagne (altitude < 1 000-1 200 m) caractérisées par une pluviosité importante (> 800 mm) : Massif central, Vosges, Jura, Ardennes, Massif armoricain, piémont pyrénéen. Toutefois, on se gardera de l'introduire dans l'aire naturelle du mélèze d'Europe afin de ne pas polluer la race locale. Pour que le fort potentiel de croissance de cette essence puisse s'exprimer pleinement, les propriétaires forestiers la réserveront aux stations fertiles, bien drainées, à bonne réserve en eau (réserve utile > 80 mm) et à sol profond (au moins 30 cm) (Girard *et al.*, 2004a). En outre, les plantations demandent à être conduites de façon dynamique, avec des éclaircies précoces et vigoureuses (Pauwels, 2001). Dans ces conditions, l'exploitation peut être envisagée dès 40-50 ans. En fin de révolution, le peuplement sera coupé à blanc et reconstitué par plantation, car la base génétique des variétés hybrides est trop étroite pour autoriser une régénération naturelle. Implicitement, le choix du mélèze hybride suppose donc que le propriétaire s'oriente vers une sylviculture de production mais les qualités « environnementales » de l'essence ne seront pas sacrifiées pour autant. En particulier, son introduction permet de rompre avec la monoculture du Douglas et ainsi, d'introduire de la diversité dans les écosystèmes forestiers et dans le paysage.

Aux lecteurs désireux d'approfondir leurs connaissances sur cette essence, nous conseillons la lecture de l'ouvrage « Le mélèze » coordonné par Ph. Riou-Nivert (IDF, 2001) et de la revue « Forêt Wallonne » (n° 61, nov.-déc. 2002) qui reprennent les présentations des « Journées mélèze » organisées en France et en Belgique.

▼ Tableau 1 – Variétés de mélèze hybride incluses dans le réseau.

Variété	Verger	Pays	Année de plantation	Nombre de clones (ME/MJ)	Espèce maternelle	Année de récolte
Halle 1	Halle	B	1959	15/15	ME&MJ	1980 **
Halle 2	Halle	B	1959	15/15	ME&MJ	1983 **
FP 237	Randbøl Grund	DK	1978	1/17	ME	1992
FH 201	Les Barres	F	1976	1/1 PF*	ME	1992
Vaals	Vaals-01	NL	1969	1/26	ME	1992
Esbeek	Esbeek-01	NL	1971	1/4	ME	1992
Maglehem	51 Maglehem	S	1956	8/1	MJ	1992
NT 20	Exeter	GB	1977	20/20	MJ	1993

* Variété sélectionnée par la recherche danoise, issue du croisement d'un clone de ME et d'une famille de pleins-frères de MJ.

** Le lot de graines Halle 1 a été récolté lors d'une mauvaise année de floraison ; Halle 2 lors d'une bonne année.

en 1992. Le verger belge est représenté par deux récoltes : Halle 1 et Halle 2 qui seront traitées comme deux variétés distinctes.

La sélection des variétés hybrides s'est effectuée sur des caractères de vigueur et de forme, ou de forme seulement dans le cas de FP 237. Les graines de la variété FH201 sont produites par supplémentation pollinique, tandis que les autres lots de graines sont issus de pollinisation libre (encadré 2). Outre les hybrides, les tests incluent des lots de graines commerciaux de mélèze du Japon (MJ) et/ou de mélèze d'Europe (ME) comme témoins : provenance Yokohama (MJ) en Belgi-

que, peuplements porte-graines anglais (MJ) et allemand (ME) en Grande-Bretagne, provenance Hokkaïdo (MJ) dans les quatre sites français et provenance Ruda (ME Sudètes) à La Courtine et Brenod.

Caractéristiques des sites et des dispositifs

Les plants des essais danois et suédois ayant beaucoup souffert de la sécheresse et de dégâts de gibier, les mesures ne concernent que les dispositifs bien-venants situés en Belgique, France et Grande-Bretagne. Ces sept dispositifs

Encadré 2

Comment sont produits les MFR de mélèze hybride ?

On désigne par matériels forestiers de reproduction (MFR) des « semences, parties de plantes ou plants destinés au reboisement ». En ce qui concerne le mélèze hybride, la quasi-totalité des MFR européens sont produits dans des vergers à graines, plantations constituées d'individus sélectionnés pour leurs qualités génétiques et destinés à se reproduire par voie sexuée.

Les vergers d'hybridation de mélèze regroupent généralement, sur le même site, des clones de mélèzes d'Europe et du Japon. Les composants des deux espèces, mélangés pied à pied ou plantés en lignes alternées, se croisent naturellement ; on dit alors que la graine est produite par pollinisation libre. Ce type de pollinisation permet d'obtenir des graines hybrides. Cependant, il n'interdit pas le croisement des mélèzes d'Europe (ou des mélèzes du Japon) entre eux. Les récoltes sont donc constituées d'un mélange de graines hybrides et d'espèces pures (mélèze d'Europe et/ou du Japon selon que les graines sont récoltées sur une des deux espèces ou les deux). La proportion d'hybrides, extrêmement variable (de 20 à 80 % selon les vergers et les années), dépend du nombre de génotypes présents dans le verger, de leur fertilité et de la synchronisation de leurs périodes de floraison.

Certains vergers ne comportent qu'un clone maternel afin de limiter ces mélanges (tableau 1). En effet, les mélèzes, et les conifères en général, sont dotés de mécanismes réduisant l'autofécondation. Une part importante des embryons autofécondés avorte ; ceux qui achèvent leur développement donneront naissance à des graines non viables ou à des semis fragiles et peu vigoureux. En l'absence de contamination pollinique, les récoltes de ces vergers renferment un mélange de graines hybrides et autofécondées.

Il est possible d'accroître à la fois le taux d'hybrides et la production de graines en réalisant une supplémentation pollinique (SMP), intervention qui consiste à apporter artificiellement un complément de pollen à l'espèce utilisée comme mère. Le pollen peut alors provenir du verger où la graine est produite ou bien – c'est le cas en France – d'un autre verger spécifiquement conçu pour la production de pollen. Cette technique de pollinisation est très efficace puisqu'elle permet d'obtenir des pourcentages de graines hybrides supérieurs à 90 % (Philippe *et al.*, 2001). En revanche, elle réclame une haute technicité, des conditions climatiques favorables et elle est coûteuse car elle implique de récolter une grande quantité de pollen qui doit être séché, conservé et, enfin, appliqué à plusieurs reprises sur les fleurs femelles de l'autre espèce. À notre connaissance, la SMP n'est mise en œuvre qu'en France, tout au moins régulièrement et à grande échelle.

Il existe enfin quelques vergers composés de clones qui sont eux-mêmes hybrides et qui produisent, par pollinisation libre, des graines hybrides de seconde génération. Ces variétés sont en cours d'évaluation et il est prématuré de se prononcer sur leurs performances en plantation (Pâques, 2001).

Pour être complet, signalons que les variétés de mélèze hybrides peuvent aussi être diffusées par voie végétative. Actuellement marginale, la production de MFR bouturés, issus de multiplication en vrac, devrait augmenter dans les prochaines années, notamment en France.

▼ Tableau 2 – Caractéristiques des dispositifs étudiés.

	Belgique	France				Grande-Bretagne	
	Habay-la-Neuve	La Courtine (Creuse)	Brenod (Ain)	Arleuf (Nièvre)	Maîche (Doubs)	Mortimer	North York Moors (NYM)
Latitude	49°47'N	45°42'N	46°03'N	47°02'N	47°15'N	52°16'N	54°17'N
Longitude	5°44'E	2°15'E	5°36'E	4°01'E	6°48'E	2°53'W	0°36'W
Altitude	465 m	800 m	950 m	750 m	800 m	230 m	230 m
Profondeur du sol, roche mère	50 cm schistes	> 50 cm granite	10-30 cm calcaire	40-50 cm granite	10-50 cm calcaire	30-50 cm grès	30-50 cm calcaire
Pluviosité annuelle	1 100 mm	1 100 mm	1 500 mm	1 400 mm	1 250 mm	900 mm	800 mm
Température moyenne annuelle	7,5 °C	8 °C	6 °C	9 °C	7 °C	8,4 °C	7,7 °C
Nombre de semis par parcelle unitaire	42 (6 × 7)	64 (8 × 8)				100 (10 × 10)	
Densité de plantation	1 600/ha (2,5 × 2,5 m)	1 667/ha (3 m × 2 m)				2 500/ha (2 m × 2 m)	
Année de plantation	hiver 1996/97	printemps 1995		printemps 1996		printemps 1995	
Type de plants et âge à la plantation	plants à racines nues de 4 ans	plants à racines nues de 2 ans				plants en godets d'un an	
Antécédent culturel	forêt	forêt	agriculture (pâturage)	forêt	forêt	forêt	agriculture (pâturage)
Caractères évalués en 2000/01*	S8, H6, H7, H8, C8, V8, R8, CB8	S8, H6, H7, H8, C8, V8, R8, CB8		S7, H5, H6, H7, C7, V7, R7, CB7	S7, H7, R7	S7, H7, R7	
Caractères évalués en 2004/05*		H12, C12, R12, CB12					

* S, H, C, V, R, CB : survie, hauteur, circonférence, volume, rectitude du tronc, courbure basale (le nombre suivant le caractère indique l'âge des plants, depuis la graine, lors de l'évaluation).

▼ Tableau 3 – Variétés testées dans les différents sites.

	Habay	La Courtine et Brenod	Mortimer	North York Moors	Arleuf et Maîche
Halle 1	X	X	X	X	
Halle 2	X	X	X	X	
FP 237	X	X	X	X	X
FH 201	X	X	X	X	X
Esbeek	X	X	X	X	
Maglehem	X	X	X	X	X
NT 20			X	X	X
Vaals		X		X	
Témoins	MJ Yokohama	MJ Hokkaïdo + ME Ruda	Peuplements MJ et ME		MJ Hokkaïdo

couvrent une large gamme de milieux, entre 46° et 54° N de latitude ; ils sont installés entre 230 m et 950 m d'altitude, sur des sols agricoles ou forestiers développés sur substrats acides ou calcaires (tableau 2). Les tests comprennent quatre répétitions de chaque variété, le nombre de variétés, le nombre de plants par parcelle unitaire et la densité de plantation variant d'un site à l'autre (tableaux 2 et 3). Les plants étaient âgés respectivement d'un, deux et quatre ans à la plantation en Grande-Bretagne, France et Belgique. Les jeunes plants ont été traités contre l'hylobe (*Hylobius abietis*) en France et les plantations étaient protégées du gibier à Brenod, Maïche et Habay.

Caractères évalués

Au cours de l'hiver 2000/01, les sept dispositifs ont fait l'objet de mesures et de notations permettant d'étudier l'adaptation, la vigueur et la forme des variétés représentées. Outre la survie (S), la hauteur totale (H) et la rectitude du tronc (R), évaluées dans tous les sites, l'accroissement en hauteur en 1998 et 1999, la circonférence à 1,30 m (C) et la courbure basale (CB) ont été pris en considération à Habay, La Courtine, Brenod et Arleuf (tableau 2). De plus, nous avons intégré dans nos analyses les données disponibles sur la survie à trois ans dans les tests danois de Karlstrup (Seeland) et Klosterheden (Jutland).

Dans les sites où la hauteur (H) et la circonférence (C) ont été mesurées, le volume (V) a été calculé en utilisant la formule : $V = C^2 H^2 / 8 (H - 1,30)$. Les dispositifs n'ayant pas tous exactement le même âge lors des mesures, l'estimation de la vigueur se base sur les accroissements annuels en hauteur, circonférence et volume. La rectitude a été évaluée d'après le nombre et l'intensité des défauts de forme entre 1,50 m de hauteur et la base de la pousse 2000, en utilisant une notation sur 5 (1 : plus de deux courbures sévères ; 2 : une ou deux courbures accentuées ; 3 : plus de deux courbures légères ; 4 : une ou deux courbures légères ; 5 : tronc droit). Lors des analyses, nous avons considéré comme droits les individus ayant obtenu une note au moins égale à 4. En ce qui concerne la courbure basale, les arbres se sont vus attribuer une note 0 ou 1 selon qu'ils présentaient ou non un défaut dans la portion de tronc située au-dessous de 1,50 m de hauteur.

À l'intersaison 2004/05, c'est-à-dire juste avant la première éclaircie, des mesures et observations

complémentaires ont été effectuées dans le dispositif de La Courtine. Elles concernent toutes les variétés jugées dignes d'intérêt d'après les résultats de la première campagne de mesures. Ont été pris en compte la hauteur, la circonférence, le volume, la rectitude du tronc et la courbure basale. En outre, une note synthétique conjuguant l'état sanitaire, la forme et la vigueur renseigne sur la qualité générale des arbres (1 : arbre d'avenir ; 2 : individu moyen ; 3 : individu médiocre).

Analyse des données

Les analyses visaient trois objectifs :

i) comparer les performances des hybrides et celles des témoins d'espèces pures. Pour cela, nous avons d'abord étudié le groupe constitué par les variétés les plus représentées dans les dispositifs (Halle 1, Halle 2, FP 237, FH 201, Esbeek et Maglehem), puis nous avons considéré les hybrides séparément ;

ii) comparer les variétés hybrides entre elles. Les performances de Halle 1, Halle 2, FP 237, FH 201, Esbeek et Maglehem ont été évaluées en étudiant, séparément puis globalement, les dispositifs de Habay, La Courtine, Brenod, Mortimer et North York Moors. Les caractéristiques de Vaals et NT 20 ont été déduites de leur comportement dans les sites où elles étaient représentées ;

iii) étudier les relations entre les données recueillies au cours des deux campagnes de mesures de La Courtine.

Le traitement statistique des données – analyses de variances, corrélations de Pearson et de Spearman – a été réalisé à l'aide du logiciel Statgraphics® Plus 5.1.

Résultats

Comparaison des variétés hybrides et des témoins de mélèzes d'Europe et du Japon dans le réseau multi-site

Le taux de survie est élevé dans la majorité des sites. Il est supérieur à 80 % à Habay et dépasse même 90 % à La Courtine, Arleuf et Mortimer. En revanche, les dégâts d'hylobes et l'étouffement des plants du fait de la concurrence herbacée sont à l'origine d'une forte mortalité (41 %) à North York Moors. Dans aucun des sites, le groupe des variétés hybrides ne se distingue des espèces pures pour ce caractère. Si l'on excepte Halle 1

▼ Tableau 4 – Comparaison des variétés hybrides, considérées **dans leur ensemble** (Σ) ou *séparément*, et des témoins de mélèzes d'Europe (ME) et du Japon (MJ) pour la vigueur et la forme.

Site	Témoin	Hauteur*			Circonférence*			Volume*			Rectitude		Courbure basale	
		Σ	<i>Sup.</i>	<i>Inf.</i>	Σ	<i>Sup.</i>	<i>Inf.</i>	Σ	<i>Sup.</i>	<i>Inf.</i>	Σ	<i>Sup.</i>	Σ	<i>Sup.</i>
Habay	MJ	=		3	=			>	4, 6		>	3	=	3
Courtine	MJ	>	6	3	>	2, 4, 6	3	>	2, 4, 6		=	3, 4	=	
	ME	>	5, 6	3	>	2, 4, 5, 6	3	>	2, 4, 5, 6		=	3, 4	=	
Brenod	MJ	>	4, 5, 6	3	>	4, 5, 6		>	4, 5, 6		=	3	>	3, 4, 5, 6, 7
	ME	>	4, 5, 6	3	>	4, 5, 6		>	4, 5, 6		=	3	=	3
Mortimer	MJ	=	6	3							=			
	ME	>	1, 2, 4, 6, 7, 8	3							=	3		
NYM	MJ	=		3							>	4		
	ME	>	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8								>	2, 3, 4, 5, 6, 8		
Arleuf	MJ			3			3			3		3		3, 8
Maïche	MJ		4									3		

* Accroissements moyens annuels en hauteur, circonférence et volume.

En gras (Σ) : ensemble constitué des variétés hybrides Halle 1, Halle 2, FH 201, Esbeek et Maglehem (= et > signifient que ce groupe est égal ou significativement supérieur aux témoins).

En italiques : variétés hybrides significativement supérieures (*Sup.*) ou inférieures (*Inf.*) aux témoins (1 : Halle 1 ; 2 : Halle 2 ; 3 : FP 237 ; 4 : FH 201 ; 5 : Vaals ; 6 : Esbeek ; 7 : Maglehem ; 8 : NT 20).

qui présente un taux de survie plus faible que le peuplement de mélèzes d'Europe à Mortimer, les hybrides ne diffèrent pas non plus des témoins lorsqu'ils sont étudiés séparément.

La hauteur moyenne des arbres se situe entre 2,30 m à Maïche et 5,20 m à Mortimer, ce qui correspond à des accroissements annuels de 33 cm et 75 cm respectivement. La circonférence varie quant à elle de 13,6 cm à Brenod (1,7 cm/an) à 20,4 cm à La Courtine (2,5 cm/an). Le groupe des hybrides est toujours au moins aussi vigoureux que les témoins mais il est loin d'être homogène. En effet, FP 237 se distingue des autres hybrides par une faible croissance, souvent inférieure à celle des espèces pures. Lorsque FP 237 est exclue du groupe des hybrides, ce dernier s'avère généralement plus performant que les témoins (tableau 4). En moyenne, les variétés Halle 1, Halle 2, FH 201, Esbeek et Maglehem ont des accroissements en hauteur,

diamètre et volume supérieurs de 16 %, 20 % et 59 % à ceux des espèces pures. Parmi les hybrides, Esbeek et FH 201 sont couramment cités comme plus vigoureux que les témoins (tableau 4).

Le pourcentage d'arbres droits varie entre 52 % à Mortimer et 79 % à Arleuf. Les courbures basales, peu fréquentes (< 16 % des arbres) à Habay, La Courtine et Brenod, affectent 43 % des individus à Arleuf. Bien que les hybrides n'aient jamais une moins bonne forme que les espèces pures, leur supériorité sur ce critère est beaucoup moins évidente que pour la vigueur. Sur l'ensemble des dispositifs, le groupe formé par Halle 1, Halle 2, FH 201, Esbeek et Maglehem possède seulement 7 % d'arbres droits de plus que les témoins (à la fois pour la rectitude du tronc et la courbure basale) et l'avantage des hybrides n'est avéré que dans un petit nombre de sites (tableau 4).

Au sein des hybrides, seule la variété FP 237 se révèle régulièrement supérieure aux espèces pures.

Les coefficients de variation, calculés pour les caractères de vigueur et la rectitude du tronc, sont généralement du même ordre de grandeur pour les variétés hybrides et les témoins (tableau 5). Les plantations issues des vergers d'hybridation ne sont donc pas plus hétérogènes que celles d'espèces pures. On notera cependant que FP 237 se distingue des autres hybrides par des coefficients de variation relativement élevés pour la croissance en hauteur, en circonférence

et en volume – cette caractéristique se vérifie dans tous les sites excepté Maïche – et par des coefficients de variation inférieurs à la moyenne pour la rectitude (tableau 5). Les arbres de cette variété ont donc une vigueur variable mais une forme homogène.

Comparaison des variétés hybrides entre elles dans le réseau multi-site

ADAPTATION

L'analyse globale conduite sur les dispositifs d'Habay, La Courtine, Brenod, Mortimer et North York Moors montre peu de différences significatives

Variété	Hauteur	Circonférence	Volume	Rectitude
Témoin MJ	20	26	55	32
Témoin ME	25	33	68	31
Halle 1	17	27	58	34
Halle 2	17	27	59	35
FP 237	41	51	122	20
FH 201	25	32	63	26
Vaals	20	28	57	32
Esbeek	18	28	55	28
Maglehem	23	35	73	28
NT 20	19	*	*	31

◀ Tableau 5 – Coefficients de variation moyens des hybrides et des espèces pures pour les caractères de vigueur et la rectitude du tronc.

* Nombre de sites insuffisant pour calculer le coefficient de variation.

Variété	Survie (%)	Accroissements moyens annuels			Rectitude**	Courbure basale (%)***
		Hauteur (cm)	Circonférence (cm)*	Volume (dm ³)*		
FH 201	84 (ab)	59,1 (bc)	2,39 (d)	1,46 (d)	3,70 (b)	10 (bc)
Halle 1	73 (a)	58,0 (b)	2,10 (bc)	1,07 (bc)	3,23 (a)	20 (a)
Halle 2	81 (ab)	60,0 (c)	2,23 (cd)	1,21 (cd)	3,25 (a)	19 (ab)
FP 237	80 (ab)	38,6 (a)	1,62 (a)	0,68 (a)	4,03 (c)	2 (d)
Esbeek	89 (b)	64,4 (d)	2,39 (d)	1,46 (d)	3,69 (b)	10 (bc)
Maglehem	83 (ab)	56,0 (b)	1,85 (ab)	0,89 (ab)	3,34 (a)	9 (c)

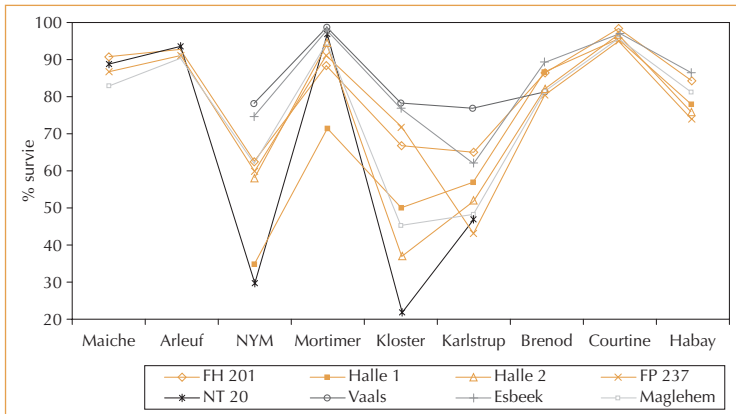
◀ Tableau 6 – Performances des variétés hybrides présentes à Habay, La Courtine, Brenod, Mortimer et North York Moors.

(*) Habay, La Courtine et Brenod uniquement.

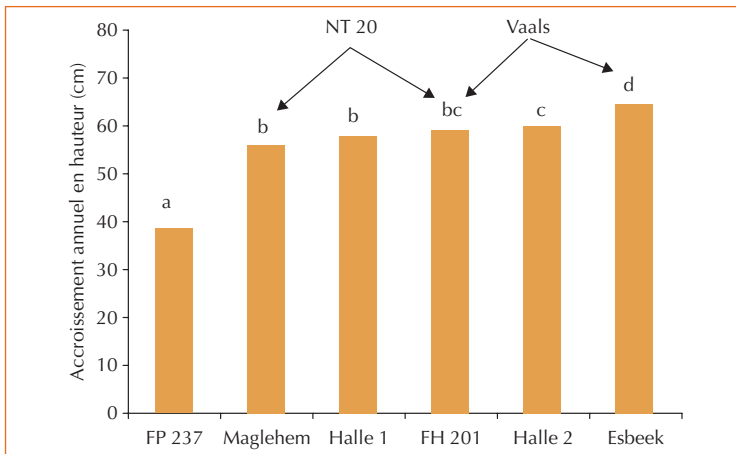
(**) Note moyenne.

(***) % arbres courbés.

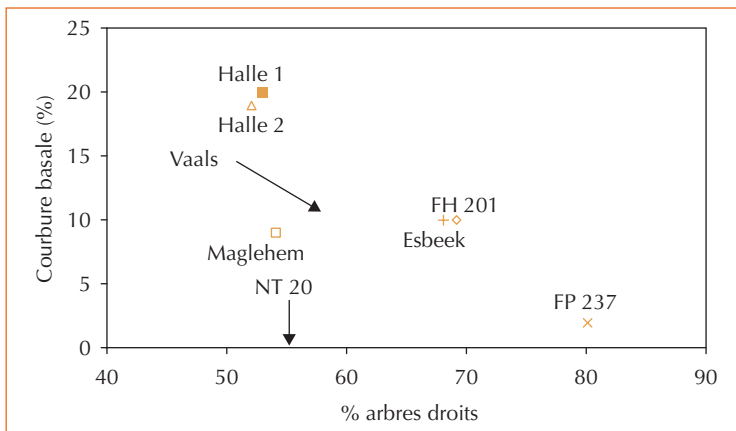
Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.



▲ Figure 1 – Survie des variétés hybrides dans les dispositifs anglais, belge, danois et français (les sites de Klosterheden et Karlstrup figurant sur ce graphique n’ont pas été pris en compte dans l’analyse de la vigueur et de la forme, en raison du manque de données et des dégâts imputables à la sécheresse et au gibier).



▲ Figure 2 – Classement des variétés hybrides pour la croissance en hauteur (les variétés associées à des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %).



▲ Figure 3 – Classement des variétés hybrides pour la forme.

pour le taux de survie (tableau 6). On observe néanmoins une forte mortalité de Halle 1 dans les deux sites anglais. Par ailleurs, NT 20 se caractérise par un très faible taux de reprise à North York Moors et Klosterheden (figure 1).

VIGUEUR

On distingue quatre groupes de variétés pour la croissance en hauteur (tableau 6 et figure 2). Les extrêmes sont constitués de FP 237, qui est très peu vigoureuse dans tous les sites, et par Esbeek qui se trouve toujours dans le peloton de tête, aussi bien en Belgique qu’en France et en Grande-Bretagne. Maglehem, Halle 1, FH 201 et Halle 2 occupent quant à elles des positions intermédiaires. Dans les sites où elles sont évaluées, Vaals appartient au même groupe que FH 201, Halle 2 et Esbeek tandis que NT 20 se situe au niveau de Maglehem, Halle 1 et FH 201 (figure 2).

La plupart des hybrides se classent de façon similaire dans tous les sites. On constate cependant une certaine hétérogénéité de la part de FH 201 : ses performances assez moyennes dans les dispositifs anglais contrastent avec son très bon comportement en France.

D’autre part, les pousses se sont allongées plus vigoureusement en 2000, année particulièrement pluvieuse en France et en Belgique, qu’en 1999, année beaucoup plus sèche. En dépit de ces variations climatiques, les classements des variétés établis d’après la longueur des pousses 1999 et 2000 sont très voisins. La croissance en hauteur semble être une propriété intrinsèque des variétés, relativement indépendante des facteurs climatiques.

Globalement, la hiérarchie observée pour la hauteur se retrouve lorsqu’on analyse la circonférence. Toutefois, l’excellente croissance en diamètre de FH 201 lui permet d’améliorer son classement. Au final, cette variété rejoint Esbeek pour l’accroissement en volume dans les sites français et belge (tableau 6).

FORME

Le classement des variétés est très stable d’un site à l’autre (Philippe *et al.*, 2002). Halle 1, Halle 2 et, à un degré moindre, Maglehem ont une forme médiocre. Esbeek et FH 201 se comportent très bien puisqu’elles possèdent en moyenne 60 % à 70 % d’arbres exempts de défauts (figure 3). Elles demeurent néanmoins inférieures à FP 237 qui est remarquablement droite.

RELATION VIGUEUR X FORME

La vigueur et la forme sont indépendantes à Habay. En revanche, la note de rectitude est corrélée négativement avec la croissance en hauteur, en circonférence et en volume (coefficients de corrélation compris entre - 0,13 et - 0,44) à La Courtine et Brenod. La relation est légèrement plus marquée pour Maglehem, Vaals et Halle 1. Elle demeure cependant trop faible pour gêner l'action du sylviculteur qui trouvera de nombreux arbres vigoureux et de forme correcte dans toutes les variétés.

Bilan des mesures effectuées à La Courtine 10 ans après la plantation

Les mesures et notations ont été réalisées sur un sous-ensemble des variétés présentes dans le dispositif. Ont été écartées FP 237, en raison de sa très faible vigueur, et Halle 1 qui se comporte comme Halle 2 dans ce site. En revanche, la variété issue du verger de mélèze d'Europe (provenance Sudètes) du Theil (Girard *et al.*, 2004b), représentée dans trop peu de dispositifs du réseau pour être analysée en 2000/01, a été prise en compte lors de cette deuxième série de mesures.

SURVIE

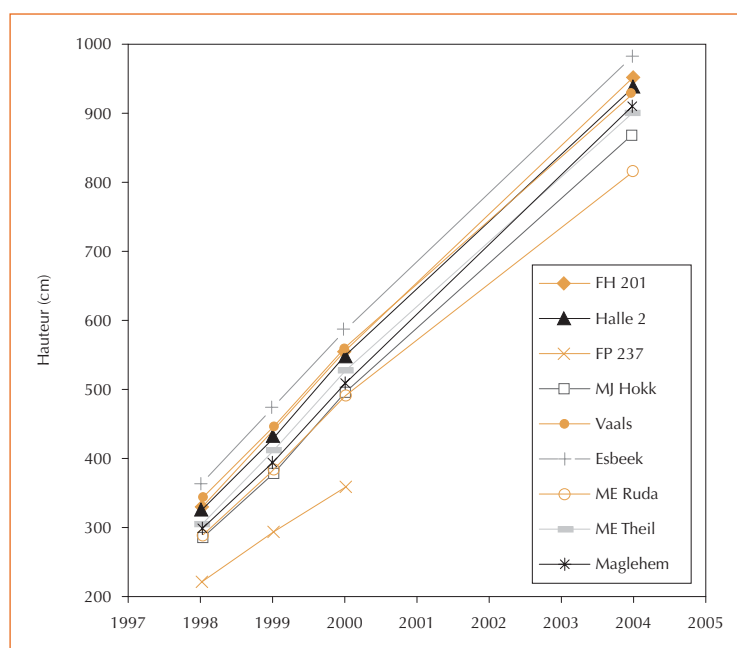
La mortalité, essentiellement causée par les dégâts de gibier, a progressé de 2 % entre 2000 et 2004 (de 0 % à 5 % selon les variétés). Le taux de survie global s'établit à 93 % sans qu'on distingue de différence significative entre les variétés.

VIGUEUR

Entre 2000 et 2004, les arbres du dispositif se sont allongés de 3,65 m, ce qui correspond à une

croissance annuelle de 91 cm (de 79 cm à 99 cm selon les variétés). Dix ans après la plantation, la hauteur totale est comprise entre 8,16 m (témoin de mélèze d'Europe Ruda) et 9,82 m (Esbeek). Le diamètre moyen s'est accru de 4,96 cm en moyenne, soit 1,24 cm/an ; fin 2004, il varie entre 10,3 cm (Ruda) et 13,1 cm (FH 201).

▼ Figure 4 – Évolution de la hauteur entre 1998 et 2004 à La Courtine (FH 201, Halle 2, FP 237, Vaals, Esbeek et Maglehem : variétés hybrides ; ME Theil : variété de mélèze d'Europe issue de verger ; ME Ruda et MJ Hokkaïdo : témoins).



▼ Tableau 7 – Comparaison des variétés testées à La Courtine pour les caractères de vigueur.

Variété	Accroissement en hauteur 2000-2004 (cm)	Hauteur 2004 (cm)	Accroissement en circonférence 2000-2004 (cm)	Circonférence 2004 (cm)	Ratio hauteur/circonférence	Volume 2004 (dm³)
Halle 2	386 (b)	937 (bc)	16,9 (c)	40,4 (bc)	23,8 (a)	73,6 (bc)
FH 201	379 (ab)	952 (c)	15,8 (bc)	41,0 (c)	24,7 (ab)	81,8 (c)
Vaals	357 (ab)	931 (bc)	14,1 (a)	37,3 (abc)	25,8 (bc)	65,7 (abc)
Esbeek	386 (b)	982 (c)	15,0 (ab)	39,6 (bc)	25,3 (abc)	77,0 (c)
Maglehem	394 (b)	909 (abc)	16,8 (c)	36,0 (ab)	26,2 (bc)	61,9 (abc)
Theil	349 (ab)	900 (abc)	15,4 (bc)	36,4 (abc)	26,3 (bc)	61,6 (abc)
ME Ruda	315 (a)	816 (a)	14,3 (a)	32,5 (a)	27,2 (c)	49,1 (a)
MJ Hokk	354 (ab)	869 (ab)	16,4 (c)	36,1 (ab)	24,6 (ab)	56,4 (ab)

Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

▼ Tableau 8 –
Corrélations entre les hauteurs à 4, 5, 6 et 10 ans à La Courtine.

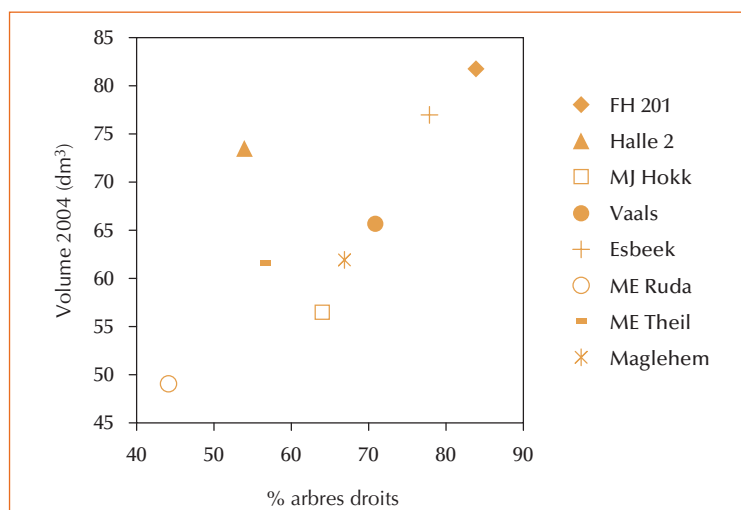
Le classement des variétés évolue peu entre six et dix ans, bien que Maglehem et Halle 2 se rapprochent du peloton de tête et que Vaals régresse légèrement (figure 4 et tableau 7). Le groupe des hybrides conserve une croissance en hauteur,

	H 1999 (5 ans)	H 2000 (6 ans)	H 2004 (10 ans)
H 1998 (4 ans)	r moyen = 0,97 0,95 < r < 0,98	r moyen = 0,93 0,89 < r < 0,95	r moyen = 0,74 0,57 < r < 0,87
H 1999 (5 ans)		r moyen = 0,97 0,95 < r < 0,99	r moyen = 0,81 0,71 < r < 0,91
H 2000 (6 ans)			r moyen = 0,87 0,81 < r < 0,93

▼ Tableau 9 – Comparaison des variétés testées à La Courtine pour la forme et la qualité générale.

Variété	Rectitude (note moy.)	Courbure basale (%)	% arbres d'avenir
Halle2	3,3 (ab)	24 (bcd)	37 (ab)
FH201	4,2 (e)	15 (cd)	65 (c)
Vaals	3,9 (cd)	13 (d)	54 (bc)
Esbeek	4,1 (de)	11 (d)	67 (c)
Maglehem	3,8 (bcd)	20 (bcd)	45 (b)
Theil	3,4 (ab)	27 (abc)	38 (ab)
ME Ruda	3,2 (a)	38 (a)	20 (a)
MJ Hokk	3,6 (bc)	31 (ab)	37 (ab)

Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.



▲ Figure 5 – Performances, pour la vigueur et la forme, des variétés de La Courtine dix ans après la plantation.

diamètre et volume, supérieure à celle des provenances témoins. Au sein de ce groupe, FH 201 et Esbeek se distinguent par une forte vigueur. À l'inverse, le peuplement de mélèze d'Europe Ruda se caractérise par une faible croissance, en hauteur et en diamètre. Le Theil occupe une position intermédiaire entre les témoins et les hybrides. Cette variété de verger apparaît sensiblement plus vigoureuse que son homologue de l'aire naturelle des Sudètes (Ruda) mais les différences ne sont pas significatives.

Les hauteurs atteintes à 4, 5, 6 et 10 ans sont fortement corrélées (tableau 8). Comme attendu, les coefficients de corrélation diminuent à mesure que le pas de temps augmente. Néanmoins, la hauteur à dix ans est assez bien prédite par la hauteur à cinq ans. Par ailleurs, on observe de fortes corrélations i) entre les circonférences mesurées en 2000 et 2004 (r moyen = 0,89 ; 0,83 < r < 0,91 selon la variété étudiée) et ii) entre les volumes calculés ces mêmes années (r moyen = 0,89 ; 0,84 < r < 0,94 selon la variété).

FORME ET QUALITÉ GÉNÉRALE

Les observations de 2004 sont tout à fait cohérentes avec celles effectuées quatre ans plus tôt. FH 201 et Esbeek allient une excellente forme et une forte vigueur (figure 5). Très logiquement, ces variétés se retrouvent en tête du classement pour la qualité générale (tableau 9). En revanche, Halle, également vigoureuse, est représentée par un pourcentage important d'arbres flexueux.

D'autre part, les corrélations entre la rectitude du tronc et les caractères de vigueur (hauteur, circonférence, volume) sont faiblement négatives pour Halle 2, Vaals, Ruda et Hokkaïdo (r compris entre -0,13 et -0,21) et non significatives pour FH 201, Esbeek, Maglehem et le Theil. Il n'existe donc pas d'antagonisme forme-vigueur.

Discussion – conclusion

Sept dispositifs belge, français et anglais faisant partie d'un réseau d'évaluation de mélèze hybride ont été mesurés, selon des procédures communes, par le Centre de recherche de la nature, des forêts et du bois de Wallonie, le Cemagref et la *Forestry Commission*. Cette opération a produit des informations originales – des comparaisons de cette ampleur n'avaient jamais été conduites jusqu'alors – sur les performances juvéniles, et dans des milieux variés, de huit variétés hybrides européennes.

La diversité des sites d'évaluation et la base génétique étroite des variétés testées laissent présager l'existence d'une forte interaction variété x site. Or, cette hypothèse est démentie par les résultats : dans l'ensemble, les hybrides évalués font preuve d'une stabilité de classement inter-sites bien supérieure à ce qui était envisagé. Cela nous permet de fournir des indications générales, tout du moins pour l'Europe occidentale, sur la croissance, la forme et l'adaptation de ces variétés.

En moyenne, les hybrides se sont révélés plus vigoureux et au moins aussi droits que les provenances de mélèzes d'Europe et du Japon utilisées comme témoins. Bien que les plants résultent du croisement de parents génétiquement éloignés, les parcelles hybrides ne sont pas apparues plus hétérogènes, du point de vue de la croissance et de la forme, que celles d'espèces pures. D'autre part, le taux de survie est indépendant de l'espèce et satisfaisant dans la majorité des dispositifs. À cet égard, il est intéressant de noter que les dispositifs français et belge ont très bien résisté aux tempêtes de décembre 1999.

Globalement, le reboiseur aura donc intérêt à utiliser du mélèze hybride plutôt que du mélèze d'Europe ou du Japon et les services de l'État devraient les y inciter. Cependant, le choix de la variété est d'importance car tous les hybrides ne sont pas d'égale qualité. Esbeek, régulièrement classée en tête pour la vigueur, est également dotée d'une très bonne forme. FH 201 se caractérise par une forte croissance, en hauteur et surtout en diamètre, et par une très bonne rectitude. Cette variété, qui est très bien positionnée en France, aussi bien sur substrats acides que calcaires, s'avère toutefois moins vigoureuse dans les dispositifs anglais. Les descendants du verger de Vaals poussent vite et possèdent une forme satisfaisante. Ces trois variétés allient une forte croissance et une bonne rectitude. Par ailleurs, Halle s'avère vigoureuse mais souvent flexueuse tandis que Maglehem et NT 20 se caractérisent par une croissance et une forme moyenne, voire médiocre. Enfin, en dépit de sa remarquable rectitude, FP 237 ne peut être recommandée du fait de sa vigueur extrêmement faible. Ces résultats sont intégrés dans les conseils d'utilisation des MFR (Rousselet *et al.*, 2003).

Compte tenu du jeune âge des dispositifs (7-8 ans depuis la graine), le bilan exposé ci-dessus n'est bien sûr pas définitif. Il s'agit de tendances, car la plupart des variétés sont encore proches les

unes des autres, notamment pour la vigueur, qui demandent à être affinées à mesure que les arbres vieilliront. Cependant, les performances à cet âge sont assez bien corrélées avec celles obtenues à un stade adulte chez le mélèze (Pâques, 1996). D'autre part, il est rassurant de constater que, dans le dispositif de La Courtine, ces premières données sont confirmées par les mesures réalisées quatre ans plus tard. Enfin, nos résultats, sur les hybrides en général et sur la variété FH 201 en particulier, rejoignent ceux obtenus à un âge plus avancé dans d'autres tests en France (Ferrand et Bastien, 1985 ; Pâques, 2001) et en Belgique (Jacques et Desteucq, 2002). Nous sommes donc confiants quant à la pertinence de nos conclusions.

Esbeek et FH 201 se révèlent les variétés les plus intéressantes pour le (re)boisement en France. Malheureusement, le verger d'Esbeek n'est plus récolté car la régénération artificielle a fortement régressé aux Pays-Bas, *a fortiori* lorsqu'elle implique une variété améliorée et une essence exotique. Compte tenu de ses qualités et de la faiblesse des ressources en matériels hybrides, il serait certainement souhaitable de mieux le valoriser. En tout état de cause, il est de notre responsabilité collective de conserver le matériel génétique présent dans ce verger. Parmi les variétés testées et disponibles dans le commerce, FH 201 paraît donc la plus recommandable pour l'hexagone. Elle est actuellement produite dans le verger de Lavercantière (appellation officielle : FH 201-Lavercantière-PF), géré par le Groupement d'intérêt économique « Semences forestières améliorées » qui regroupe la société Vilmorin et l'ONF¹ La Joux. Les graines sont issues de pollinisation artificielle, technique difficile à maîtriser mais qui offre de bonnes garanties d'obtenir de forts taux de graines hybrides dans la récolte (Philippe *et al.*, 2001). Il importe de tout mettre en œuvre pour que la production de ce verger satisfasse les besoins du marché, en attendant que de nouvelles sélections de l'INRA², produites par multiplication végétative en vrac (« bulk »), prennent progressivement le relais (Pâques, 2001).

Dans nos tests, le verger de Halle est représenté par des plants issus de deux récoltes différentes. Si ces matériels ont des comportements voisins pour la forme et la vigueur, on constate en revanche une nette différence pour le taux de survie dans les deux sites anglais. Cet effet « millésime » n'est peut-être qu'accidentel mais on peut aussi y voir une consé-

1. Office national des forêts.

2. Institut national de la recherche agronomique.

quence des conditions de floraison, qui influent sur la diversité génétique des récoltes. De même, le taux de graines hybrides et autofécondées, qui ont une incidence directe sur les performances des lots de graines, sont susceptibles de varier d'une année à l'autre en fonction du nombre de parents florifères et de leur phénologie. Les Danois attribuent d'ailleurs le mauvais comportement de la variété FP 237 à une forte proportion de graines autofécondées dans le lot testé (Ditlevesen, comm. pers.). D'un point de vue méthodologique, il serait donc judicieux d'inclure des lots de graines de plusieurs millésimes dans les tests d'évaluation. Cela permettrait d'une part, de statuer de façon plus fiable sur la qualité des variétés car on prendrait en compte leurs performances moyennes et non celles d'un seul lot de graines, et d'autre part, d'étudier la stabilité dans le temps des produits des vergers. Si la qualité génétique des récoltes s'avérait très variable, il conviendrait de caractériser chacune d'entre elles d'après leur taux d'hybrides et/ou le nombre de clones ayant contribué efficacement à la floraison et à la pollinisation, comme cela se pratique dans certains pays.

En définitive, cette étude nous apporte deux informations essentielles : premièrement, les performances des variétés hybrides testées sont supérieures à celles des témoins d'espèces pures et relativement stables d'un site à l'autre ; deuxièmement, la variété produite localement n'est pas nécessairement la meilleure. Nos résultats ont aussi des implications pratiques pour les reboiseurs, les services forestiers et les améliorateurs : i) en France, les variétés hybrides Esbeek et FH 201 devraient être privilégiées et la variété FP 237 évitée ; ii) les transferts de graines et plants au sein de l'Union européenne sont possibles et même souhaitables dans la mesure où ils contribuent à la diversification des plantations de mélèze hybride ; et iii) il est tout à fait raisonnable d'envisager le développement d'un programme d'amélioration européen pour le mélèze hybride. Cette étude démontre l'intérêt de renforcer les relations entre chercheurs au niveau européen. À cet égard, un second réseau d'évaluation, qui inclut de nouvelles variétés, a été mis en place en 2001 ; il livrera ses premiers résultats en 2007. □

Remerciements

L'étude a été financée en partie par la Commission européenne (DG XII, FAIR5-CT 98-3354, projet *Toward a European larch wood chain*) et le ministère en charge des forêts (Direction générale de la Forêt et des Affaires rurales). Les auteurs tiennent à remercier l'Office national des forêts et les propriétaires privés qui ont contribué à la plantation et au suivi des dispositifs, Luc Pâques qui a coordonné le projet européen, Emmanuel Mérion qui a participé à l'analyse des données ainsi que Bjerne Ditlevsen, Karoline Myrthue (*Tree Improvement Station, Humblebaek, Danemark*) et Bo Karlsson (*SkogForsk, Suède*) qui nous ont fourni des informations sur les dispositifs danois.

Résumé

Le mélèze hybride est une essence de reboisement appréciée des propriétaires forestiers. Cependant, la production des vergers à graines ne permet pas toujours de satisfaire les besoins des marchés nationaux. L'importation de matériels forestiers de reproduction constituerait une solution mais cela suppose l'acquisition de connaissances sur les performances et la plasticité des variétés étrangères. Dans cette perspective, plusieurs instituts de recherche européens se sont associés pour évaluer, en France, en Belgique et en Grande-Bretagne, les produits de sept vergers d'hybridation. Sept à huit ans après le semis, tous les dispositifs ont été évalués pour l'adaptation (survie), la vigueur et la forme. En dépit de la diversité des conditions environnementales, les variétés se classent de façon similaire dans les différents sites et les hybrides sont, en général, plus vigoureux et au moins aussi droits que les témoins de mélèzes d'Europe et du Japon. Cependant, le statut d'hybride ne garantit pas nécessairement de bonnes performances, comme le prouve la très faible croissance de FP 237 dans tous les sites. À ce stade juvénile, Esbeek et FH 201 constituent le meilleur compromis pour la forme et la vigueur. Par ailleurs, les mesures répétées quatre ans plus tard dans le dispositif de La Courtine ne montrent que peu d'évolutions dans le classement des variétés.

Abstract

Hybrid larch is much appreciated by forest owners. However, hybrid seed production is often too scarce to meet national demand. Forest Reproductive Material importation could be a solution but that would require specific knowledge on European orchard quality. With that purpose, several research institutes jointly compared eight seedlots from seven orchards in seven sites across Europe. Survival, growth in height and diameter, and stem form were assessed at all sites in winter 2000/01 using a common protocol. Despite large variations in the environmental factors, the seed lots performed in a similar way in the different sites and, on average, the hybrids were more vigorous and at least as straight as the Japanese and European larch controls. An exception was FP 237 which had a very poor growth regardless of planting site. The most vigorous varieties were Esbeek, FH 201, Vaals and Halle; those with the best stem straightness were FP 237, FH 201 and Esbeek. At this early stage, Esbeek and FH 201 offer the best compromise for form and vigour. In addition, the results found at La Courtine were confirmed by further measurements carried out four years later.

Bibliographie

- BALTUNIS, B.-S., GREENWOOD, M.-S., EYSTEINSSON, T., 1998, Hybrid vigor in *Larix* : growth of intra- and interspecific hybrids of *Larix decidua*, *L. laricina* and *L. kaempferi* after 5-years, *Silvae Genetica*, 47 (5-6), p. 288-293.
- FERRAND, J.-C., BASTIEN, J.-C., 1985, Bilan à 26 ans d'une plantation comparative de mélèzes, *Revue Forestière Française*, XXXVII (6), p. 441-448.
- GIRARD, S., PÂQUES, L.-E., PHILIPPE, G., 2004a, Variété de mélèze hybride « Lavercantière-vg », *Forêt entreprise*, n° 158, p. 28.
- GIRARD, S., PÂQUES, L.-E., PHILIPPE, G., 2004b, Variété de mélèze d'Europe « Sudètes-Le Theil-VG », *Forêt entreprise*, n° 158, p. 27.
- JACQUES, D., DESTEUCCQ, O., 2002, La production génétique des mélèzes et la production de plants, *Forêt Wallonne*, n° 61, p. 25-29.
- LACAZE, J-F., BIROT, Y., 1974, Bilan d'une expérience comparative de provenances de mélèzes à l'âge de 13 ans, *Ann. Sci. For.*, 22 (2), p. 321-351.
- PÂQUES, L.-E., 1996, Variabilité naturelle du mélèze. I. Mélèze d'Europe : bilan de 34 ans de tests comparatif de provenances. *Ann. Sci. For.*, 53, p. 51-67.
- PÂQUES, L.-E., 2001, Un programme d'amélioration génétique ambitieux, in *Le mélèze*, RIOU-NIVERT, P., coord., IDF ed., p. 18-27.
- PAUWELS, D., 2001, Croissance et sylviculture des mélèzes, in *Le mélèze*, RIOU-NIVERT, P., coord., IDF ed., p. 86-91.
- PHILIPPE, G., BALDET, P., HÉOIS, B., 2001, Mélèze hybride : les premiers fruits d'un mariage heureux, in *Le mélèze*, RIOU-NIVERT, P., coord., IDF ed., p. 28-33.
- PHILIPPE, G., CURNEL, Y., JAQUES, D., LEE, S.-J., MATZ, S., 2002, Performances of hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry) varieties across Europe : early results for survival, stem form and growth rate, in *Proceedings meeting IUFRO WP S2.02-07*, compiled by LE Pâques, Gap, Auvergne & Limousin, September 16-21, 2002, p. 127-139.
- RIOU-NIVERT, P., 2001, *Le mélèze*, IDF ed., 144 p.
- ROUSSELET, C., BILGER, I., HÉOIS, B., GINISTY, C., 2003, *Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction. Régions de provenance, variétés améliorées*, Paris, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, 174 p.
- ZACZEK, J.-J., STEINER, K.-C., SHIPMAN, R.-D., 1994, Performance of Japanese and hybrid larch progenies in Pennsylvania, *North. J. Appl. For.*, 11(2), p. 53-57.