

## Note technique

# Multiplication végétative du mélèze hybride (*Larix x eurolepis* Henry) par bouturage en vrac

M Verger, LE Pâques

INRA, station d'amélioration des arbres forestiers, centre de recherche d'Orléans,  
45160 Ardon, France

(Reçu le 15 avril 1992; accepté le 30 novembre 1992)

**Résumé** — La réussite de la multiplication végétative «en vrac» repose sur l'obtention d'un nombre de boutures enracinées par pied-mère le plus élevé possible (coefficient de multiplication). Une méthode de forçage sous serre verre de pieds-mères de mélèze hybride est décrite. Elle a permis d'obtenir des pieds-mères d'une hauteur moyenne de 1 m en une saison de végétation : de 0,9 à 1,1 m en fonction des sources de graines. Afin d'augmenter le coefficient de multiplication, la promotion de la ramification par étêtage et/ou pulvérisation foliaire de BAP (Benzyl-amino-purine), le micro-bouturage horticole (boutures de 3–4 cm de long) et le bouturage réitéré au stade «herbacé» ont été expérimentés. Le meilleur coefficient de multiplication a été obtenu par micro-bouturage : de 109 à 219 en fonction des sources de graines. Par bouturage classique (boutures de 6–8 cm), il a atteint 60 et a pu être augmenté de 33 après un bouturage réitéré au stade «herbacé». Une très forte variabilité clonale pour tous les caractères mesurés a été observée, entraînant une modification génétique de la variété «bulk» dès la phase d'enracinement.

***Larix x eurolepis* / mélèze hybride / multiplication végétative «en vrac»**

**Summary** — Bulk vegetative propagation of hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry). To be efficient and economical, bulk vegetative propagation basically depends on the largest number of rooted cuttings per stock plant (multiplication rate) it is possible to obtain. A forcing method of hybrid larch stock plants under greenhouse conditions has been described. After 1 growing season, stock plant height reached 1 m on average, ie between 0.9–1.1 m according to seed sources (tables I and IV).

Enhancement of branching by top pruning and/or BAP foliar spray (benzyl-amino-purine) (fig 1), production of micro-cuttings (3–4 cm in length), and additional propagation with softwood cuttings have been tested in order to improve the multiplication rate.

The best multiplication rate was obtained with micro-cuttings: between 109–219 according to seed sources (tables II, IV). With conventional cuttings (6–8 cm in length), it reached 60 (table I), to which 33 plants could be added if further softwood propagation was carried out (table III).

For all the parameters evaluated, a high clonal variability was observed, resulting in a genetic modification of the vegetatively propagated "bulk" variety.

***Larix x eurolepis* / hybrid larch / bulk vegetative propagation**

## INTRODUCTION

Le mélèze hybride (*Larix x eurolepis* Henry), issu du croisement entre les mélèzes d'Europe (*Larix decidua* Mill) et du Japon (*Larix kaempferi* Carr), peut se révéler supérieur à ses parents pour de nombreux caractères sylvicoles, tels son adaptabilité, sa vigueur et sa résistance au chancre (*Lachnellula willkommii*) (Pâques, 1989).

Deux voies de diffusion en masse du matériel de reproduction sont envisageables : la reproduction sexuée en verger à graines d'hybridation, limitée par de nombreux problèmes biologiques (Kosinski, 1987; Philippe et Baldet, 1992) et la multiplication végétative par bouturage horticole qui apparaît comme la meilleure alternative.

Deux stratégies de bouturage existent et sont à considérer, pour le mélèze hybride en particulier. Il s'agit soit du clonage d'individus sélectionnés en tests de descendance (voie clonale *sensu stricto*), mais qui se heurte aux problèmes liés au vieillissement précoce des pieds-mères : baisse de l'aptitude à l'enracinement et croissance plagiotrope des boutures (Mason, 1984b; Morgenstern *et al*, 1984; Pottinger et Morgenstern, 1985); soit de la multiplication «en vrac» de jeunes semis issus de familles performantes sélectionnées.

Cet article fait le point sur les travaux engagés à la station d'amélioration des arbres forestiers de l'INRA d'Orléans sur ce dernière thème.

## DÉFINITION ET STRATÉGIES

La multiplication «en vrac» (*bulk vegetative propagation*) consiste à bouturer, sans identification clonale, du matériel jeune, de

valeur génétique moyenne élevée, disponible en faible quantité. Elle permet ainsi, à chaque cycle d'amélioration, de diffuser rapidement tout nouveau progrès génétique.

Elle concerne toute espèce forestière, telle le mélèze hybride, pour lequel le bouturage d'individus âgés est difficile; et qui fait l'objet de travaux de sélection aboutissant à la production en faible quantité de graines à haute valeur génétique, par exemple obtenues par croisements contrôlés.

Deux voies de multiplication «en vrac» sont possibles. La première consiste à effectuer un bouturage réitéré ou non sur des pieds-mères quelques mois après le semis, associé à un bouturage éventuel des boutures produites. Grâce à cette méthode, Park et Fowler (1987) ont obtenu sur mélèze laricin 70 plants par clone en 1 an et demi. Cette stratégie a notamment été testée sur *Picea mariana* (Armson *et al*, 1980), *Picea abies* (Johnsen, 1985), *Pinus pinaster* (Alazard, 1986) et *Pinus radiata* (Menzies *et al*, 1989).

Pour la deuxième voie, le bouturage n'intervient qu'à la suite d'un forçage des pieds-mères sur 1 ou 2 ans, suivi éventuellement d'un bouturage réitéré. Cette méthode a été utilisée sur *Pseudotsuga menziesii* (Ross, 1975; Ritchie, 1990), *Picea sitchensis* (Mason, 1984a; Blackwood, 1989) et *Picea abies* (Fober, 1987).

Pour le mélèze hybride, la première option a été testée puis abandonnée, compte tenu des inconvénients suivants : le nombre de plants obtenus par pied mère est trop faible : moins de 5 boutures en une saison de végétation (Cornu, communication personnelle), ce qui oblige à élever un grand nombre de pied mère, alors que la graine améliorée est en quantité limitante. De plus, des contraintes matérielles apparaissent du fait des prélèvements à intervalles très courts d'un très petit nombre de boutures : 1 ou 2 par pied-

mère. Enfin, il existe une hétérogénéité morphologique des boutures enracinées du fait du bouturage réitéré.

La réussite technique et économique de la multiplication «en vrac» est donc largement conditionnée par le succès du forçage des pieds-mères en terme de nombre de boutures prélevables par pied-mère et dans une moindre mesure, puisqu'il s'agit de matériel très jeune, par le pourcentage d'enracinement des boutures produites. L'un et l'autre déterminent *in fine* le coefficient de multiplication défini comme étant le nombre de boutures enracinées par pied-mère.

Dans notre étude, 3 expérimentations ont été mises en place, dont l'objectif était d'obtenir un coefficient de multiplication le plus élevé possible par unité de temps (une saison de végétation) : utilisation de promoteurs de la ramification (expérience n° 1), micro-bouturage horticole (expérience n° 2) et bouturage réitéré au stade «herbacé» (expérience n° 3).

Par ailleurs, une partie des résultats obtenus lors de ces expérimentations a été vérifiée une année plus tard en utilisant du matériel génétique contrasté pour la croissance en forêt (expérience n° 4).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Matériel végétal*

Cinq descendances de mélèze hybride, obtenues par pollinisation libre en verger à graines d'hybridation d'origine danoise, ont été utilisées comme source de pieds-mères.

Les expériences n° 1, 2 et 3 (réalisées entre 1990 et 1991) comportaient une seule descendance hybride (notée descendance 1) reprise, avec les 4 autres dans l'expérience n° 4 (réalisée entre 1991 et 1992).

### **Forçage des pieds mères**

Les pieds mères sont issus d'un semis précoce en janvier. Un mois après le semis, les pieds-mères sont rempotés en conteneur de 3 l avec un mélange de tourbe blonde, sable et écorce de pin (4:3:3 v/v), dans lequel sont incorporés 2 engrais à libération lente : 18-16-12 (libération 3-4 mois) à 0,75 kg/m<sup>3</sup> et 15-8-11+2 MgO (12-14 mois) à 4,25 kg/m<sup>3</sup>.

Les plants sont alors forcés sous serre verre avec un chauffage au sol assurant 18 °C dans les pots jusqu'à la fin des gelées. La densité est de 9 plants/m<sup>2</sup>. Une ombrière à 50% se déploie quand la température de l'air est supérieure à 33 °C. Un éclairage additionnel avec des lampes de 400 W fonctionne de 19 h jusqu'à 23 h et de 5 h jusqu'à 8 h. Une fertilisation à base de 15-11-15 est apportée à chaque irrigation (goutte à goutte), de mai jusqu'à septembre. L'éclairage artificiel est supprimé un mois plus tard et les pieds-mères restent dans la serre maintenue en hors gel jusqu'au bouturage.

### **Bouturage**

Deux types de matériel sont mis en enracinement : des pousses ligneuses prélevées au moment du débourrement (stade «lignieux débourré» obtenu entre la mi- et la fin mars sous serre) et des pousses de l'année, suffisamment allongées (stade «herbacé» obtenu entre la fin mai et le début juin sous serre). Ces dernières sont récoltées sur les pieds mères préalablement bouturés en «lignieux débourré» taillés en «poteau» au moment du premier prélèvement (axe ramené à 50 cm et ramification à 3 cm du tronc) et élevés en serre sans éclairage complémentaire, avec un arrosage par mist.

Les boutures portant ou non un bourgeon terminal, mesurent entre 6 et 8 cm de longueur et ont au minimum 1 mm de diamètre. Seules les boutures ligneuses sont conservées quelques jours à 2 °C en sac plastique jusqu'à l'insertion.

Après traitement de la base des boutures avec du talc contenant 0,1% d'acide indole butyrique, les boutures sont insérées dans des plaques thermoformées (alvéole de 30 cm<sup>3</sup>), avec une densité de 710 boutures/m<sup>2</sup>. Le substrat utilisé est identique à celui du forçage, mais non fertilisé.

L'enracinement s'effectue sous *fog system* (humidité atmosphérique voisine de 75%) en tunnel polyéthylène, avec un chauffage de fond assurant 18 °C dans le substrat pour le bouturage du matériel «ligneux débourré». Aucun chauffage n'est appliqué pour le bouturage du matériel herbacé.

Les boutures prélevées sur chaque pied-mère sont réparties équitablement en 2 répétitions pendant la phase d'enracinement.

**Modalités expérimentales**

**Expérience n° 1. Promotion de la ramification**

La taille des pieds-mères (Funk, 1978) et l'utilisation de cytokinines sont connues pour augmenter la ramification des ligneux (Chaussat et Courduroux, 1980).

L'action d'une cytokinine, la BAP (N6 Benzyl-amino-purine), apportée en une seule pulvérisation foliaire, a été étudiée à la concentration de 50 et 100 ppm (traitements C1 et C2). Elle a été comparée à un étêtage des pieds-mères, les ramenant à 8 cm du sol (traitement T), soit approximativement au tiers de leur hauteur initiale. De plus, les 2 traitements, taille et cytokinine, ont été croisés : T + C1 et T + C2.

Ces traitements sont comparés à un témoin (O), non taillé, non traité à la BAP et élevé dans les mêmes conditions (fig 1).

Pour les 5 traitements et le témoin, 20 pieds-mères répartis en 2 blocs ont été forcés. Tous les pieds-mères vivants ont été bouturés l'année suivante.

**Expérience n° 2. Micro-bouturage**

Une technique de micro-bouturage horticole a été expérimentée qui consiste à mettre en enracinement des boutures dont la longueur est comprise entre 3 et 4 cm (notées bt3-4).

Ces boutures ont été prélevées sur 10 pieds-mères élevés dans les mêmes conditions que le témoin et sont comparées à des boutures classiques de 6 à 8 cm (notées bt6-8).

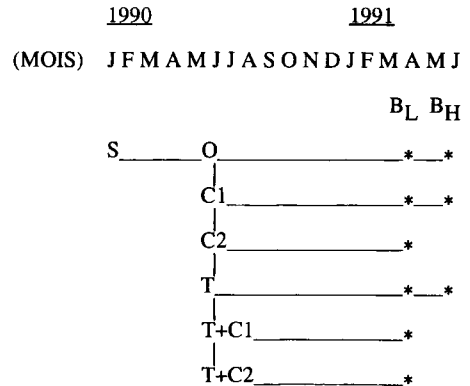
**Expérience n° 3. Bouturage réitéré au stade «herbacé»**

Le bouturage des mêmes pieds-mères durant plusieurs années consécutives se heurte rapidement aux conséquences du vieillissement telles qu'elles ont déjà été signalées. Un bouturage réitéré au stade «herbacé» permettrait de mieux rentabiliser les pieds-mères sur une année avant la manifestation de ce phénomène (BH).

Pour tester cette possibilité, les 3 meilleurs traitements pour le nombre de boutures prélevées lors de l'expérience n° 1 ont été rebouturés la même année au stade «herbacé» (fig 1).

**Expérience n° 4. Effets de la variabilité génétique**

Lors d'une nouvelle campagne d'élevage de pieds-mères, la modalité témoin (O) a été appliquée à 5 sources de graines, afin de vérifier si la technique de forçage pouvait être généralisée à des pieds-mères de base génétique plus large.



**Fig 1.** Schéma général des expériences 1 et 3 : promotion de la ramification et bouturage réitéré au stade «herbacé». S : semis, O : témoin; C1 : cytokinine (50 ppm BAP); C2 : cytokinine (100 ppm BAP); T : taille (étêtage); BL : bouturage au stade «ligneux débourré»; BH : bouturage réitéré au stade «herbacé».

L'année suivante, une micropropagation horticole a été réalisée sur 4 des 5 descendances (descendances 1 à 4). Pour la descendance 1, des microboutures et des boutures classiques ont été à nouveau comparées.

Par descendance, 42 pieds-mères répartis en 7 blocs ont été forcés (sauf descendance 4 : 40 pieds-mères au départ). Les microboutures ont été prélevées sur 10 pieds-mères par descendance choisis aléatoirement et les boutures classiques sur 11 pieds-mères.

### **Mesures et analyse des données**

Pour ces expérimentations, l'identification clonale a été conservée durant la phase d'enracinement. Les analyses statistiques ont donc porté sur 4 paramètres : la hauteur totale des pieds-mères à la fin de la première année de forçage, le nombre de boutures prélevées par pied-mère, le pourcentage d'enracinement et le coefficient de multiplication obtenus par traitement.

Du fait de la non-normalité des données, le test de l'information (Arbonnier, 1966) a été utilisé pour tester l'homogénéité des pourcentages d'enracinement et le test de Kruskal-Wallis (Kruskal et Wallis, 1952) pour comparer la hauteur des pieds-mères, le nombre de boutures prélevées et le coefficient de multiplication.

Le coefficient de corrélation de rang de Spearman (Dagnelie, 1975) a permis d'étudier les liaisons entre pourcentages d'enracinement obtenus aux stades «ligneux débourré» et «herbacé».

## **RÉSULTATS**

### **Expérience n° 1.**

#### **Promotion de la ramification**

Après une saison de forçage, les pieds-mères ont atteint en moyenne 83,9 cm de hauteur totale (tableau I). Par pied-mère, 55,3 boutures ont pu être prélevées et 67,4% d'entre elles se sont enracinées, donnant un coefficient de multiplication

moyen de 37,3. De grandes différences existent cependant entre traitements pour les paramètres étudiés.

Seuls 2 traitements semblent intéressants : la pulvérisation de BAP à 50 ppm (C1) et le témoin (O). Ils ne sont cependant pas significativement différents (au seuil de 5%) ni pour la hauteur totale à 1 an, ni pour le nombre de boutures prélevées.

C1 se révèle cependant significativement supérieur pour le pourcentage d'enracinement (75,5%) et par conséquent pour le coefficient de multiplication (60,6).

Les traitements associant étêtage et pulvérisation de BAP sont les plus mal classés pour le coefficient de multiplication par suite du faible nombre de boutures prélevées sur des pieds-mères plus petits.

Une très forte variabilité interclonale est à noter pour tous les caractères et pour tous les traitements, comme le montrent les valeurs des coefficients de variation. Les traitements T+C2, T+C1 et C2 semblent particulièrement induire une forte variabilité entre clones et ce, dès le forçage. Le témoin et C1 donnent par contre une réponse plus homogène entre clones.

### **Expérience n° 2. Micro-bouturage**

Cette technique permet de prélever 155,2 boutures en moyenne par pied-mère (tableau II) soit plus du double par rapport au témoin (69,5). La réduction de la longueur des boutures a eu également un effet légèrement positif sur le pourcentage d'enracinement, et permet ainsi d'augmenter considérablement le coefficient de multiplication : 109 boutures enracinées par pied-mère.

Par ailleurs, une très forte variation interclonale est aussi à noter dans cette expérience; le coefficient de multiplication oscille suivant les clones entre 0 et 173.

**Tableau I.** Promotion de la ramification : performances moyennes et coefficients de variation (CV).

<i>Traitement (nb PM)</i>	<i>Hauteur (cm) CV</i>	<i>Nb boutures prélevées/PM CV</i>	<i>Pourcentage enracinement (mini/maxi)</i>	<i>Coefficient de multiplication CV</i>
O (20)	100,2 9,9	69,5 25,7	66,5 (29,1/95,0)	46,2 38,5
C1 (20)	102,8 20,0	80,3 32,0	75,5 (0,0/98,4)	60,6 37,1
C2 (19)	94,3 26,9	56,6 43,3	63,3 (11,1/94,9)	35,8 48,8
T (20)	79,8 19,5	58,4 29,5	64,6 (10,3/88,6)	37,8 47,1
T + C1 (20)	69,0 29,2	40,6 54,5	63,5 (9,7/95,0)	25,8 72,1
T + C2 (19)	56,3 40,7	25,1 79,8	66,0 (0,0/100,0)	16,5 88,5
Global	83,9 30,6	55,3 50,2	67,4 (0,0/100,0)	37,3 61,2
Test	***	***	*	***

\*, \*\*, \*\*\* Significatif respectivement aux seuils d'erreur de 5, 1 et 0,1%. PM : pied(s)-mère(s); traitements : O : témoin; C1 : 50 ppm BAP; C2 : 100 ppm BAP; T : taille.

**Tableau II.** Microbouturage : performances moyennes et comparaison avec le témoin.

<i>Facteur</i>	<i>Microbouturage bt3-4*</i>	<i>Témoin (O) bt6-8**</i>
Nb PM	10	20
Nb boutures prélevées/PM (mini/maxi)	155,2 (96/192)	69,5 (40/111)
Pourcentage enracinement (mini/maxi)	70,2 (0/91,6)	66,5 (29,1/95)
Coefficient de multiplication (mini/maxi)	109,0 (0/173)	46,2 (16/90)

\* bt3-4 : boutures de 3-4 cm; \*\* bt6-8 : boutures de 6-8 cm; PM : pied(s)-mère(s).

### Expérience n° 3. Bouturage réitéré au stade «herbacé»

Lors de la deuxième récolte, 45,1 boutures supplémentaires en moyenne ont pu être récoltées (tableau III). L'absence de différence significative pour la production de boutures entre les 3 traitements comparés résulte vraisemblablement du traitement sévère appliqué aux pieds-mères après le premier prélèvement.

Les pourcentages d'enracinement obtenus sont supérieurs à ceux enregistrés lors du premier bouturage. Avec un pourcentage de 83,2%, C1 se révèle à nouveau significativement supérieur aux autres traitements.

Il est par ailleurs intéressant de noter l'absence de corrélation de rang entre pourcentages d'enracinement obtenus aux

stades «ligneux débourré» et «herbacé» pour 2 traitements (pour O,  $r = -0,01$  NS et pour C1,  $r = -0,04$  NS), ce qui montre que la réponse des clones à l'enracinement peut être indépendante du type de boutures utilisées. Cependant pour T, la liaison est significative ( $r = 0,51^*$ ).

Le coefficient de multiplication pour ce bouturage réitéré atteint en moyenne 33,1 plants par pied-mère, qui s'ajoutent à ceux obtenus au stade «ligneux débourré». Pour ce paramètre, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les traitements.

Les différences de réponse entre clones sont également très fortes pour tous les traitements et tous les caractères, et systématiquement plus élevées pour le second bouturage que pour le premier (tableaux I et III).

**Tableau III.** Bouturage réitéré au stade «herbacé». Performances moyennes et coefficients de variation.

Traitement (nb PM)	Nb boutures prélevées/PM CV	Pourcentage enracinement (mini/maxi)	Coefficient de multiplication CV
0 (19)	50,1 36,5	72,2 (31,9/100)	36,2 44,0
C1 (19)	37,2 47,6	83,2 (45,5/84,3)	30,9 51,6
T (20)	47,9 33,8	67,1 (3,2/98,1)	32,2 54,1
Global	45,1 39,9	73,3 (3,2/100)	33,1 49,3
Test	NS	***	NS

\*, \*\*, \*\*\* Significatif respectivement aux seuils d'erreur de 5, 1 et 0,1%; PM: pied(s)-mère(s); traitements : O : témoin; C1 : 50 ppm BAP; T : taille.

**Expérience n° 4. Variabilité génétique**

La hauteur moyenne de l'ensemble des pieds-mères est de 101,4 cm (tableau IV) après une saison de végétation. Les 5 descendances hybrides diffèrent significativement pour ce critère, bien que faiblement : 19,5 cm séparent la plus mauvaise descendance de la meilleure et 4 des 5 descendances se situent au maximum à 8,4 cm les unes des autres.

En revanche, il n'existe pas de différence significative entre les descendances pour le nombre de microboutures prélevées et pour le coefficient de multiplication en microbouturage, qui atteint en moyenne 173.

Des différences hautement significatives apparaissent cependant pour le pourcentage d'enracinement.

Sur la seule descendance (descendance 1) pour laquelle la comparaison a été effectuée, le microbouturage confirme son intérêt par rapport au bouturage classique, puisque le coefficient de multiplication en microbouturage (166,1) est plus du double de celui obtenu en bouturage classique (69,5).

Les résultats observés pour la descendance 1 sont également à rapprocher de ceux obtenus l'année précédente pour ce même matériel avec le traitement de forçage témoin (tableau I). En fait, les 2 années ne diffèrent significativement pour aucun critère.

**Tableau IV.** Variabilité génétique : performances moyennes et coefficients de variation (CV).

Descendances hybrides (nb PM)	Hauteur (cm)		Nb boutures prélevées/PM		Pourcentage enracinement (mini/maxi)		Coefficient multiplication	
	CV		CV		bt3-4	bt6-8	CV	
			bt3-4	bt 6-8	bt3-4	bt6-8	bt3-4	bt6-8
1 (41)	90,7 25,4	217,1 27,5	101,4 34,7	76,5 (60,1/89,2)	68,6 (0/94,4)	166,1 31,0	69,5 60,9	
2 (40)	102,5 15,9	304,2 31,5		72,1 (52,0/83,9)		219,3 32,1		
3 (39)	101,8 21,6	281,4 32,9		62,5 (0,7/92,7)		175,8 70,2		
4 (36)	102,3 17,6	216,6 48,8		60,4 (29,4/91,7)		130,8 59,0		
5 (40)	110,2 24,1	–		–		–		
Global	101,4 21,9	254,9 37,3		67,9 (0,7/92,7)		173,0 50,6		
Test	*	NS		***		NS		

– Descendance hybride non bouturée; \*, \*\*, \*\*\* Significatif respectivement aux seuils d'erreur de 5, 1 et 0,1%; bt3-4 : boutures de 3-4 cm; bt6-8 : boutures de 6-8 cm; PM : pied(s)-mère(s).



## DISCUSSION ET CONCLUSION

La technique de forçage des pieds-mères utilisée dans cette étude semble efficace, compte tenu des hauteurs observées après une année de végétation (1 m environ) et d'une bonne répétabilité des résultats. Elle a permis d'autre part d'effacer les différences entre descendances pour le nombre de boutures prélevées. Elle semble donc pouvoir homogénéiser le comportement d'un matériel végétal pourtant contrasté pour la croissance en forêt et peut être généralisée à une base génétique encore plus large.

Par ailleurs, des coefficients de multiplication très élevés peuvent être obtenus par microbouturage : de 109 à 219,3 soit de 981 à 1 974 plants enracinés par m<sup>2</sup> de serre de forçage. Un bouturage classique permet d'obtenir une soixantaine de plants enracinés par pied-mère, auxquels peuvent s'ajouter une trentaine de plants obtenus par bouturage au stade «herbacé».

A titre de comparaison, avec une technique de bouturage classique, Ross (1975) et Ritchie (1990) sur *Pseudotsuga menziesii* et Blackwood (1989) sur *Picea sitchensis* ont obtenu des coefficients de multiplication de 40 à 50 et de 65 à 70 respectivement.

Des pourcentages d'enracinement élevés ont été obtenus : autour de 70% pour l'ensemble des expérimentations, le jeune âge des pieds-mères étant essentiellement responsable de ce résultat. De plus, la juvénilité du matériel propagé laisse présager son bon comportement en pépinière puis en forêt : absence de plagiotropie ou restitution rapide de l'orthotropie (Greenwood *et al*, 1989), croissance plus active que celle observée avec des boutures prélevées sur des pieds-mères âgés (Pâques et Cornu, 1991).

Néanmoins, la nature génétique des descendances hybrides et des clones in-

fluence fortement l'aptitude à l'enracinement, même de matériel jeune. Effectivement dès cet âge, certains clones sont totalement réfractaires à l'enracinement. Cette forte variabilité clonale finit par masquer les différences entre descendances pour le coefficient de multiplication mais suggère aussi que le bouturage entraîne une dérive de la composition clonale (en l'absence de dérive, l'écart type du coefficient de multiplication et donc le coefficient de variation seraient égaux à 0). La connaissance initiale des performances moyennes du lot de graines à propager en masse ne reflètera donc pas forcément la valeur génétique de la variété «bulk».

D'autres inconvénients de la multiplication «en vrac» sont encore à signaler. En particulier, cette méthode impose de gérer un grand nombre de génotypes (plusieurs centaines, voire milliers), renouvelés périodiquement (tous les 2–3 ans au plus), en forçage puis en bouturage. Les conditions de culture ne peuvent donc être que des conditions moyennes convenant au plus grand nombre de clones. Elles sont bien sûr plus difficiles à établir que pour un petit nombre de clones renouvelés moins fréquemment et mieux connus, comme dans le cas des variétés multiclonales.

Enfin, un autre inconvénient de la multiplication «en vrac» est le surcoût lié au forçage en serre des pieds-mères, qui s'ajoute au coût du bouturage. A titre d'exemple, pour *Picea sitchensis*, multiplié à grande échelle en Grande-Bretagne, les techniques mises en œuvre rendent le prix du plant issu de bouture environ 1,5 à 3,6 fois plus élevé que celui d'un semis élevé en pépinière (Graham et Gill, 1983; Mason et Harper, 1987; Mason, 1992).

En conclusion, les résultats obtenus dans cette étude laissent présager un avenir optimiste à la multiplication en vrac pour résoudre à court terme le problème urgent de la diffusion du mélèze hybride

en France. Cependant, pour être rentable, la multiplication en vrac ne se justifiera que si sont assurés un fort coefficient de multiplication, une croissance correcte des plants en forêt, et *in fine* un réel gain génétique, qui compenseront le surcoût lié à la technique.

Désormais, des travaux de recherches seront à poursuivre dans 3 directions : l'expérimentation de techniques de forçage des pieds-mères plus rustiques et donc plus économiques, une meilleure maîtrise du vieillissement des pieds-mères permettant d'augmenter leur durée d'utilisation et enfin une meilleure connaissance du comportement en forêt des plants issus de bouturage en vrac.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au financement du GIS, «Variétés forestières améliorées» et du projet Agrotech-Agreste «Sélection de mélèzes hybrides».

Elle a pu être menée à bien grâce à l'aide de MM Miteul et Masson de l'INRA d'Orléans, de M Miralie, stagiaire de l'ENSH et de Mlle Renard, stagiaire de l'université Pierre-et-Marie Curie.

Le bouturage a été réalisé aux établissements SB Énergie, à Dampierre en Burly (45), avec le concours de MM Sallé et Clément.

Que MM Cornu et Greenwood soient également remerciés pour la pertinence et le soin des corrections qu'ils ont apportés au manuscrit.

## RÉFÉRENCES

- Alazard P (1986) Utilisation des boutures de pin maritime. *AFOCEL-ARMEF Inf For* 4, 277-287
- Arbonnier P (1966) L'analyse de l'information : aperçu théorique et application à la loi multinomiale. *Ann Sci For* 23 (4), 950-1017
- Armson KA, Funk M, Bunting WR (1980) Operational rooting of black spruce cuttings. *J For* 78, 341-343
- Blackwood CH (1989) Large scale production of genetically improved Sitka spruce by stem cuttings. *Forestry* 62 (suppl) 207-212
- Chaussat R, Courduroux JC (1980) Régulateurs de croissance et multiplication végétative. In: *La multiplication végétative des plantes supérieures*. Gauthier-Villars, Paris, 31-50
- Dagnelie P (1975) *Théorie et méthodes statistiques*. Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, vol II, 463 p
- Fober H (1987) Doswiadczenia nad Autowegetatywnym Rozmnozaniem Swierka (*Picea abies* L Karst) w Stadium juwenilnym. *Arbor Kornickie* 32, 112-126
- Funk M (1978) Vegetative propagation of Larch seedlings. M Sc F thesis Faculty of Forestry, University of Toronto, 113 p
- Graham J, Gill S (1983) Comparisons of production costs and genetic benefits of transplant and rooted cuttings of *Picea sitchensis*. *Forestry* 56, 1, 61-73
- Greenwood MS, Hopper CA, Hutchison KW (1989) Maturation in Larch. I. Effect of age on shoot growth, foliar characteristics and DNA methylation. *Plant Physiol* 90, 406-412
- Johnsen Y (1985) Successive bulk propagation of juvenile plants from full-sib families of Norway Spruce. *For Ecol Manage* 11, 271-282
- Kosinski G (1987) Empty seed production in European Larch (*Larix decidua*). *For Ecol Manage* 19, 241-246
- Kruskal WH, Wallis WA (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *J Am Statist Ass* 47, 583-621
- Mason WL (1984a) Vegetative propagation of conifers using stem cuttings. I Sitka Spruce. *For Com Res Inf, Note* 90/84/SILN, 7 p
- Mason WL (1984b) Vegetative propagation of conifers using stem cuttings. II Hybrid Larch. *For Comm Res Inf, Note* 91/84/SILN, 3 p
- Mason WL, Harper WCG (1987) Forest use of improved Sitka Spruce cuttings. *For Comm Res Inf, Note* 119/87/SILN, 4 p
- Mason WL (1992) Reducing the cost of sitka spruce cuttings. Super Sitka for the 90s. *For Comm Bull* 103, 25-37
- Menzies MI, Faulds T, Dibley MJ (1989) Vegetative propagation of juvenile radiata pine. In: Workshop on growing radiata pine from cuttings. Roturua, 5-7 May 1988. *FRI Bull* 135, New Zealand, 109-129

- Morgenstern EK, Nicholson JM, Park YS (1984) Clonal selection in *Larix laricina*. I. Effects of age, clone and season on rooting of cuttings. *Silvae Genet* 33 (4-5), 155-160
- Pâques LE (1989) A critical review of larch hybridization and its incidence on breeding strategies. *Ann Sci For* 46, 141-153
- Pâques LE, Cornu D (1991) Effect of vegetative propagation on field performance up to age 8 of hybrid larch (*Larix x eurolepis*) clones. *Ann Sci For* 48, 469-482
- Park YS, Fowler DP (1987) Genetic variances among clonally propagated populations of tamarack and the implications for clonal forestry. *Can J For Res* 17, 1175-1180
- Philippe G, Baldet P (1992) Récolte mécanisée de pollen de mélèze en vue de l'obtention de graine hybride. *Ann Sci For* 49, 297-303
- Pottinger AJ, Morgenstern EK (1985) Factors influencing propagation of young tamarack stem cuttings. *Proc 29th Northeast For Tree Improv Conf*, 48-55
- Ritchie GA (1990) Towards an operational rooted cutting system for elite coastal Douglas fir families. In: *Proc Joint Meeting of Western Forest Genetics Association and IUFRO Working Parties*, S2.02-05, 06, 12, 14, Olympia, Washington 20-24 août 1990, 8 p
- Ross SD (1975) Propagation and shoot elongation of cuttings from 1-year-old Douglas-fir seedlings. *For Sci* 61, 373-377