

VARIATION STATIONNELLE ET INDIVIDUELLE DE L'APTITUDE À L'ENRACINEMENT DE BOUTURES HERBACÉES DE PEUPLIER BLANC (*Populus alba* L.).

A. HARFOUCHE, N. BAOUNE, H. MERAZGA

INRF, Institut National de Recherche Forestière, Arboretum de Baïnem, B. P. 37 CHERGA, Alger, Algérie.

RÉSUMÉ

Le peuplier blanc est un arbre important en Algérie pour le boisement des berges mais les techniques de multiplication de l'espèce restent à perfectionner. Le travail présenté explore la faisabilité du bouturage herbacé comme technique de multiplication de ce peuplier. Les résultats montrent que le gravier est supérieur au sable fin comme support de bouturage en ce qui concerne la qualité et la vigueur des racines. On a également trouvé que les boutures de drageons ou de boutures d'un an étaient plus aptes à l'enracinement. L'été est la meilleure période de bouturage, tandis que les traitements hormonaux (AIB) ne semblent pas avoir un effet significatif sur l'enracinement des boutures. Les effets station et individu/station sont significatifs mais des héritabilités (au sens large) faibles à modérées suggèrent l'existence d'effet micro-environnementaux à l'échelle de l'individu.

Mots Clés : Peuplier blanc, Bouturage herbacé, Aptitude à l'enracinement.

SUMMARY

White poplar is a species used in reforesting riparian sites in Algeria, but efficient techniques are still to be perfected. The study investigates the feasibility of softwood cutting as a method of propagation of this species. Results showed that gravel, rather than sand, used as substrates, exerts an influence on the quality of roots of cuttings. The findings, also, suggest that softwood cutting of the species would be most efficient if root suckers and/or sticklings were the sources of cuttings. Moreover, summer is the best period for achieving good results, while IBA treatments would have little effect on the rooting response of cuttings. Significant stand and individual within stand variation in rooting response of cuttings was found. However, the low or moderate broad sense heritabilities suggest that microsite effects at the individual scale could influence significantly the results.

Key Words : White poplar, Softwood cutting, Rooting ability.

INTRODUCTION

Si la mise au point de traitements physico-chimiques améliorant l'aptitude à l'enracinement des boutures herbacées de peuplier blanc est une phase cruciale pour la propagation commerciale de cette espèce, comme il a été vu dans les deux articles précédents, le choix d'un matériel végétal approprié ne l'est pas moins. Il est, en effet courant, chez les arbres forestiers multipliés par voie végétative, qu'une variation significative de l'aptitude à l'enracinement des boutures soit observée entre stations et entre les individus d'une même station (HESS, 1963 ; HYUN, 1967 ; HAINES *et al.*, 1992 ; HUSEN & PAL, 2003 ; HUSEN, 2004). Plus spécialement chez la famille des salicacées, dont font partie les peupliers, divers auteurs ont trouvé une large variation entre clones pour l'aptitude à l'enracinement de boutures herbacées de divers peupliers (SCHIER, 1974, 1980 ; YING & BAGLEY, 1977 ; DREESEN & HARRINGTON, 1999 ; HAAPALA, 2004). Il est évident que la sélection de clones est essentielle pour la réussite d'un programme de propagation de ces arbres (HAAPALA, 2004).

La découverte chez le peuplier blanc, de clones faciles à propager permettrait un approvisionnement rapide et régulier de programmes de création de peupleraies artificielles à court terme qui allègeraient la pression sur les peupleraies naturelles dont les ressources génétiques pourront ainsi être conservées. Une phase de sélection qualitative impliquant le choix de clones relativement récalcitrants mais supérieurs pour la croissance, la forme et la qualité du bois pourra succéder à une phase de production quantitative utilisant des clones très faciles à propager mais de qualité quelconque. Les clones récalcitrants, c'est-à-dire difficiles à propager, présentant un grand intérêt pour la sélection pourront faire l'objet de programme

de recherches visant à améliorer leur aptitude à la propagation par bouturage herbacée.

Le présent article, le troisième de la série, expose les résultats d'essai pour l'étude de la variation inter et intra-stations de quelques peupleraies de la région algéroise.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

Stations de récolte

Le matériel végétal utilisé dans ce travail provient de peupliers blancs de la région algéroise. C'est au total quatre stations qui ont été retenues : (1) Oued Béni Messous, à hauteur de la station NAFTAL de Chéraga, (2) Oued Bougandoura, au lieu-dit "le Marabout", dans la région de la réserve de chasse de Zéralda-Mahelma, (3) Domaine Abziou, au nord de la ville de Douéra, et (4) Oued El Harrach, à hauteur de l'autopont de Gué de Constantine.

Dans chaque station, 5 arbres ont été choisis au hasard (pas de sélection) pour la récolte de boutures. Afin d'éliminer les différences dues à la topophysis, phénomène lié à la position de la bouture sur l'arbre, les boutures, à raison de 30 par arbre, ont été prélevées sur des rameaux de jeunes drageons issus des arbres retenus. Chaque station est donc représentée par un lot de (5 x 30) 150 boutures, soit au total 600 boutures pour tout l'essai. Le substrat employé est le gravier (3 mm < Ø < 5 mm).

Variables mesurées

L'aptitude au bouturage herbacé est appréciée par la mesure des variables suivantes : (i) le pourcentage de boutures racinées, (ii) le nombre de racines émises par bouture, (iii) la longueur de la plus grande racine en mm.

Analyses statistiques

Les comparaisons de fréquences (% d'enracinement) ont été effectuées par des tests d'homogénéité comme suit :

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_i)^2}{f_i}$$

où f_o est la fréquence d'enracinement observée et f_i , la fréquence théorique correspondante.

Pour les variables quantitatives (nombre de racines/bouture et longueur de la racine), les modèles suivants ont été conçus :

$$X_{ij} = \mu + S_i + (I/S)_{ij} + e_{ijk}$$

pour l'analyse de la variation entre stations et individus dans station (modèle à 2 facteurs hiérarchisés), et :

$$X_{ij} = \mu + I_i + e_{ij}$$

pour l'analyse de la variation entre individus dans chaque station séparément (modèle à 1 facteur) :

Dans le modèle [1], μ est la moyenne générale de tout l'essai, S_i est l'effet (aléatoire) de la i ème station, $(I/S)_{ij}$ est l'effet (aléatoire) du j ème individu dans la i ème station, et e_{ijk} le résidu individuel aléatoire.

Développant le modèle [1], une répétabilité (génotypique) a été définie globalement, combinant les effets "station" et "individu/station" de la façon suivante :

$$h_{S+I/S}^2 = \frac{\text{cov}(X_{ijk}, X_{ijk'})}{\text{var}(X_{ijk})} = \frac{\text{cov}(\mu + S_i + (I/S)_{ij} + e_{ijk}, \mu + S_i + (I/S)_{ij} + e_{ijk'})}{\text{var}(\mu + S_i + (I/S)_{ij} + e_{ijk})} = \frac{\sigma_\mu^2 + \sigma_S^2 + \sigma_{I/S}^2 + \text{cov}(e_{ijk}, e_{ijk'})}{\sigma_\mu^2 + \sigma_S^2 + \sigma_{I/S}^2 + \sigma_e^2}$$

$$h_{S+I/S}^2 = \frac{\sigma_S^2 + \sigma_{I/S}^2}{\sigma_S^2 + \sigma_{I/S}^2 + \sigma_e^2}$$

puisque $\sigma_\mu^2 = 0$, et $\text{cov}(e_{ijk}, e_{ijk'}) = 0$, les effets résiduels e_{ijk} et $e_{ijk'}$ étant supposés indépendants.

A partir du modèle [2] ; on a dérivé l'héritabilité individuelle dans chaque station comme suit :

$$h_i^2 = \frac{\text{cov}(X_{ij}, X_{ij'})}{\text{var}(X_{ij})} = \frac{\text{cov}(\mu + I_i + e_{ij}, \mu + I_i + e_{ij'})}{\text{var}(\mu + I_i + e_{ij})} = \frac{\sigma_\mu^2 + \sigma_I^2 + \text{cov}(e_{ij}, e_{ij'})}{\sigma_\mu^2 + \sigma_I^2 + \sigma_e^2}$$

$$h_i^2 = \frac{\sigma_I^2}{\sigma_I^2 + \sigma_e^2}$$

L'intérêt de ces deux paramètres est évident pour la sélection pour l'aptitude à l'enracinement, le premier pour la sélection de stations, le second, pour la sélection d'individus dans les stations.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet station

On a procédé à des transformations, en racine carrée de la variable "nombre de racines/bouture" et en logarithme népérien de la variable "longueur de la plus grande racine", dans le but d'améliorer la normalité des distributions et de stabiliser la variance résiduelle. Les analyses (khi-deux et variance) ont montré un effet station significatif à $p < 0.05$ pour le pourcentage d'enracinement, le nombre de racines/bouture et la longueur de la plus grande racine, comme il est rapporté dans le tableau I.

Tableau I : Pourcentages et tests khi-deux, moyennes et tests F des effets "station" et "individu/station". Station 1 : oued Béni Messous, station 2 : oued Bougandoura, station 3 : domaine Abziou, station 4 : oued El Harrach.

Source de variation	%			Nombre			Longueur de la plus grande racine (mm)			N
	d'enracinement			De racines/bouture						
	%	χ^2	P	Moy.	F	P	Moy.	F	P	
Station		32.19	<10 ⁻⁴		3.44	0.04		4.2	0.02	
Individu/station		147.12	<10 ⁻⁴		9.76	<10 ⁻⁶		8.3	<10 ⁻⁶	
Station 1	80.0	59.17	<10 ⁻⁴	14.2	8.35	%	27.8	4.99	0.00009	150
Individu 1	30.0			3.4			4.8			30
Individu 2	93.3			13.6			32.7			30
Individu 3	90.0			7.8			24.7			30
Individu 4	90.0			22.7			29.9			30
Individu 5	96.7			16.0			31.1			30
Station 2	96.7	6.20	0.18	19.1	19.34	<10 ⁻⁶	43.5	15.96	10 ⁻⁶	150
Individu 6	100			26.7			47.2			30
Individu 7	100			28.4			67.6			30
Individu 8	96.7			16.1			49.9			30
Individu 9	90.0			9.1			22.2			30
Individu 10	96.7			13.9			28.1			30
Station 3	78.0	6.45	0.17	8.0	5.82	0.00003	49.2	7.49	22.10 ⁻⁶	150
Individu 11	73.3			5.8			47.0			30
Individu 12	86.7			12.1			38.1			30
Individu 13	70.0			5			29.8			30
Individu 14	90.0			9.2			72.5			30
Individu 15	70.0			6.7			54.6			30
Station 4	92.0	34.06	<10 ⁻⁴	11.5	4.40	0.002	63.4	5.22	0.0006	150
Individu 16	66.7			8.4			52.2			30
Individu 17	100			11.2			76.2			30
Individu 18	100			12.5			56.5			30
Individu 19	100			8.4			52.2			30
Individu 20	93.3			16.3			77.5			30

N = nombre de boutures/classe; Individu 1-20 sont les arbres donneurs de boutures (5 individus par station); les F du nombre de racines/bouture ont été calculées à partir des données transformées en racines carrées.

Le pourcentage d'enracinement varie de 78%, pour les boutures provenant de la station du domaine Abziou (Douéra), à 96.7%, pour le matériel prélevé dans la station de l'oued Bougandoura (Mahelma). Des taux intermédiaires ont été observés pour les stations de l'oued El Harrach (Gué de Constantine) (91.3%) et de l'oued Béni Messous (Chéraga) (80%). Le test statistique d'homogénéité est

hautement significatif (Khi-deux = 32.19, $p < 0.0001$).

L'amplitude de variation entre stations, pour le nombre moyen de racines formées par bouture, n'est pas aussi marquée que pour le pourcentage d'enracinement. En effet, les moyennes, qui sont de 33.8 racines/bouture pour l'oued Béni Messous, 49.6 pour l'oued Bougandoura, 52.4

pour la peupleraie Abziou et 60.5 pour l'oued El Harrach, ne deviennent significativement différentes qu'après transformation des données brutes par la fonction racine carrée ($F = 3.13$, $p = 0.054$, pour les données brutes, et $F = 3.44$, $p = 0.04$, pour les données transformées). L'amélioration de la puissance du test par la transformation racine carrée tient au fait que, les dénombrements suivant généralement une distribution de Poisson, cette opération contribue à normaliser les distributions observées et à stabiliser la variance testant l'effet principal (station).

Les moyennes des stations sont modérément différentes pour la longueur de la plus grande racine (38.5 mm, pour l'oued Béni Messous, 48.7 mm, pour l'oued Bougandoura, 49.2 mm, pour le domaine Abziou et 63.9 mm, pour l'oued El Harrach). De même que pour le nombre de racines/bouture, l'effet station n'est significatif au seuil de 5% pour la longueur de la racine qu'après transformation des données en logarithme népérien ($F = 2.3$, $p = 0.115$, pour les données brutes, contre $F = 4.2$, $p = 0.02$, pour les données transformées). Cette transformation exerce les mêmes effets que celle vue précédemment (amélioration de la normalité et de l'homoscédasticité) sur les distributions observées de variables à effet d'échelle comme la croissance.

Effet individu/station

A un niveau global, les résultats montrent un effet individu hautement significatif pour % d'enracinement (Khi-deux = 147.12, $p < 10^{-4}$), le nombre de racines/bouture ($F = 9.76$, $p < 10^{-6}$) et la longueur de la plus grande racine ($F = 8.3$, $p < 10^{-6}$).

Au niveau intra-station, les résultats varient d'une station à l'autre en ce qui concerne le % d'enracinement mais les différences entre indi-

vidus se révèlent significatives dans toutes les stations pour le nombre de racines/bouture et la longueur de la plus grande racine (Tableau I).

Pour les boutures de l'oued Béni Messous, le % d'enracinement est variable d'un individu à l'autre, passant d'un minimum de 30% à un maximum de 96.7%. Les différences observées sont significatives (Khi-deux = 59.17, $p < 10^{-6}$) mais un seul individu s'illustre par rapport aux quatre autres par un % d'enracinement relativement bas (Tableau I), ce qui explique la valeur élevée du test d'homogénéité. Pour le nombre de racines/bouture et la longueur de la plus grande racine, on constate une influence très significative de l'individu sur le comportement des boutures ; le nombre moyen de racines émises par bouture s'étend de 3.4 à 22.7 selon les individus ($F = 8.35$, $p = 6.10^{-6}$) et la longueur de la racine de 4.8 mm à 32.7 mm ($F = 4.99$, $p = 9.10^{-4}$).

Les boutures provenant de l'oued Bougandoura, dans la région de Zéralda, montrent une forte aptitude à l'enracinement quel que soit l'individu dont elles sont issues. On y observe un % d'enracinement maximum de 100% pour deux individus et des % variant de 90% à 96.7 pour les trois autres. Les différences ne sont pas significatives (Khi-deux = 6.2, $p = 0.18$) (Tableau I). De même, le nombre moyen de racines émises par bouture est élevé, variant de 9.1 à 28.4 selon les individus. Les différences entre moyennes sont significatives au seuil de 5% ($F = 19.34$, $p < 10^{-6}$). Il existe également des différences significatives entre individus en ce qui concerne la longueur de la plus grande racine qui varie de 22.2 mm à 67.6 mm ($F = 15.96$, $p < 10^{-6}$).

Les % d'enracinement des boutures prélevées sur des peupliers du domaine Abziou (Douéra) sont relativement plus faibles, avec des valeurs allant de 70% à 90%. Les différences entre individus ne sont pas significatives (Khi-deux =

6.45, $p = 0.17$) (Tableau I). A l'inverse, l'effet individu se révèle significatif pour le nombre de racines/bouture et la longueur racinaire. Pour le nombre de racines/bouture les moyennes varient de 5 à 12.1 ($F = 5.82$, $p = 3.10^{-4}$), la longueur de la plus grande racine de 29.8 mm à 72.5 mm ($F = 7.49$, $p = 2210^{-4}$).

Pour les individus de la station de l'oued El Harrach, les % d'enracinement varient de 66.7% à 100% ; les différences sont statistiquement significatives ((Khi-deux = 34.06, $p < 10^{-4}$). Comme pour l'oued Béni Messous, cependant, la différence significative est induite par un seul individu. L'effet individu est significatif sur le nombre de racines/bouture et la longueur de la plus grande racine. Pour le premier critère, les moyennes varient de 8.4 à 16.3 ($F = 4.4$, $p = 2.10^{-3}$), pour le second, de 52.2 mm à 77.5 mm ($F = 5.22$, $p = 6.10^{-4}$).

Il ressort de ces résultats que l'individu exerce un effet important sur l'aptitude au bouturage herbacé chez le peuplier blanc.

Les valeurs de répétabilité au niveau global sont modérées pour le nombre de racines/bou-

ture et la longueur de la plus grande racine ($hG2 = 0.34$ et $hG2 = 0.35$, respectivement) (Tableau II). L'héritabilité au sens large du nombre de racines/bouture est faible pour les stations de l'oued El harrach et du domaine Abziou ($h2 = 0.11$ et $h2 = 0.17$, respectivement) et modérées pour les stations des oueds Béni Messous et Bougandoura ($h2 = 0.24$ et $h2 = 0.39$, respectivement). La tendance est quasi similaire pour la longueur de la plus grande racine, les héritabilités variant de 0.13 à 0.34 (Tableau II). Ces valeurs, faibles ou modérées, de l'héritabilité au sens large sont essentiellement dues à des valeurs élevées de la variance résiduelle.

DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent une forte variation géographique de la réponse du peuplier blanc au bouturage herbacé, comme le suggèrent les différences significatives entre stations. Des résultats similaires ont été enregistrés pour le bouturage ligneux de cette espèce (BESSAFA, 1991). Chez les arbres forestiers, l'existence de différences significatives de l'aptitude à l'enracinement est couramment observée entre stations

Tableau II : Composantes de la variance, répétabilités à l'échelle globale (station et individu/station) et héritabilités individuelles (intra-station).

	<i>Number of roots/cutting</i>					<i>Length of the main root</i>				
	Global	Stand	Stand	Stand.	Stand.	Global	Stand	Stand.	Stand	Stand
		1	2	3	4		1	2	3	4
σ_S^2	0.27	/	/	/	/	171.22	/	/	/	/
$\sigma_{I/S}^2$	0.50	0.68	0.92	0.19	0.19	189.68	52.51	308.12	246.70	133.52
σ_e^2	1.47	2.16	1.44	0.93	0.93	667.45	307.85	597.15	885.93	868.39
h_G^2/h^2	0.34	0.24	0.39	0.17	0.17	0.35	0.14	0.34	0.22	0.13

géographiques (HESS, 1963 ; HYUN, 1967 ; HAINES *et al.*, 1992 ; HUSEN & PAL, 2003 ; HUSEN, 2004). Plusieurs travaux ont mis en évidence, chez diverses espèces de peuplier, des aptitudes différentes au bouturage herbacée à l'échelle du clone (SCHIER, 1974, 1980 ; YING & BAGLEY, 1977 ; DREESEN & HARRINGTON, 1999 ; HAAPALA, 2004).

Le présent travail a permis de montrer que l'aptitude des individus à produire des boutures viables variait significativement au sein d'une même station. Il s'agit d'un effet majeur dont il faudra tenir compte lors des programmes de propagation par bouturage herbacé du peuplier blanc. Cependant, les valeurs d'héritabilité au sens large, faibles à modérées, laissent penser que des effets micro-environnementaux à l'échelle de l'individu sont susceptibles d'affecter les résultats. En effet, la variation observée entre individus, en raison même de ces valeurs d'héritabilité, ne doit pas être interprétée comme une variation génotypique pure mais plutôt comme un effet combiné du génotype, c'est-à-dire les différences entre individus dues au génotype, et la péripheysis, c'est-à-dire les différences inter- et intra-individus dues aux effets micro-environnementaux (exposition, lumière/ombre, etc.) (STANKOVA & PANETSOS, 1997 ; ZOBEL & TALBERT, 1984).

Globalement, les résultats de cet essai suggèrent que la sélection de stations et d'individus intra-station possédant une bonne aptitude à l'enracinement est de nature à donner une impulsion qualitative et quantitative à la multiplication du peuplier blanc en Algérie. Comme autre enseignement, la nécessité, lors de programmes de conservation des ressources génétiques de l'espèce, de considérer les deux niveaux station et individu intra-station.

REMERCIEMENTS

Ce travail est une partie du projet 06/BIO/97/01/INRF réalisé dans le cadre du PNRI et piloté par le Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA). Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tout le personnel du centre ayant eu à s'occuper de notre projet, en particulier Mme BOURAOUI et Mr LAKHDARI ainsi que Mr OUGUINI, s/directeur et coordonnateur du projet. Nous ne manquerons pas de relever l'implication entière et efficace de Mr BESSALAH, Directeur du centre, dans la réalisation du projet.

Références bibliographiques

- BESSAFA, B., 1991. Recherches sur l'amélioration des techniques de multiplication végétative du peuplier blanc (*Populus alba* L.). Magistère thesis National Agronomic Institute, El Harrach, Algiers, 179 pp.
- DREESEN, D.R. & HARRINGTON, J.T., 1999. Vegetative propagation of aspen, narrowleaf cottonwood, and riparian trees and shrubs. In National proceedings : Forest and nursery conservation associations. General Technical Report SRS-25. USDA Forst Service, Southern Research Station, pp. 129-137.
- HAINES P.L., WONG C.Y. & CHIA E., 1992. Prospects for the production of superior selection age phenotypes of *Acacia mangium* and *A. auriculiformis*. In: Breeding Technologies for Tropical acacias. ACIAR Proceedings, n° 37 pp. 11-118.
- HAAPALA, T., 2004. Establishment and use of juvenility for propagation in sterile and non-sterile conditions. Academic dissertation, University of Helsinki, Dept of Applied Biology, Publication N° 21, 53 pp.

A. Harfouche *et al.*

- Hess, C.E., 1963. Why certain cuttings are hard to root. Proc. Int. Plant. Prop. Soc. 13: 63-71
- Hess, 1963 ; Hyun, 1967 ; Hussen, 2004). (Schier, 1974, 1980 ; Ying & Bagley, 1977 ; Dreesen & Harrington, 1999 ; Haapala, 2004). (Stankova & Panetsos, 1997; Zobel & Talbert, 1984).
- Hussen, A. & Pal, M., 2003. Clonal propagation of Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) : effect of IBA application and adventitious root regeneration on vertically split cuttings. *Silvae Genetica* 52 (3-4): 173-176.
- Hussen, A., 2004. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. By softwood nodal cuttings : Effects of genotypes, Application of IBA and Position of cuttings on shoots. *Silvae Genetica* 53 (2) : 50-55.
- Hyun, S.K., 1967. Physiological differences among trees which respond to rooting. Proc. 14th IUFRO Cong. Munich 22 : 168-190.
- Schier, G.A., 1974. Vegetative propagation of aspen: Clonal differences in suckering from root cutting and in rooting of sucker cutting. Can. J. For. Res. 4:565-567.
- Schier, G.A., 1980. Rooting stem cuttings from aspen seedlings. Research note. USDA Forest Service INT-282, 4 pp.
- Stankova, T. & Panetsos, K., 1997. Vegetative propagation of *Cupressus sempervirens* L. of Cretan origin by softwood stem cuttings. *Silvae Genetica* 46 (2-3) : 137-144.
- Ying, CH. CH. & Bagley, W.T., 1977. Variation in rooting capability of *Populus deltoides*. *Silvae Genetica* 26 (5-6) : 204-207.
- Zobel, B. & Talbert, J., 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 505 pp.