

## INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS SUR LE BOUTURAGE HERBACE DU PEUPLIER BLANC (*POPULUS ALBA* L.). 2 : EFFETS D'INTERACTIONS FACTORIELLES

A. HARFOUCHE (1), (2), N. BAOUNE (1), H. MERAZGA (1)

(1) - INRF, Réseau de recherches en Génétique et Amélioration des Arbres Forestiers

(2) - Pour correspondance.

### *RÉSUMÉ*

Le bouturage à bois dormant, utilisé pour multiplier le peuplier blanc, ne permet pas un taux de multiplication élevé en raison des dimensions importantes des boutures. D'où l'intérêt de trouver des techniques alternatives. Le présent travail vise à mettre au point une méthode efficace de multiplication de l'espèce par bouturage herbacé. Parmi les facteurs du bouturage, le type de substrat exerce une influence significative sur l'intensité et la vigueur de l'enracinement des boutures mais n'a que peu d'effet sur le pourcentage d'enracinement. Le gravier semble un milieu plus favorable que ne l'est le sable fin. Les résultats montrent également que les drageons et les boutures de 1ère génération sont globalement supérieurs aux rejets ou aux rameaux de réitération, et que les boutures sans apex, prélevées à la base ou au milieu des pousses, donnent de meilleurs résultats que les boutures avec apex, prélevées au sommet des pousses. La période la plus favorable au bouturage herbacé du peuplier blanc se situerait entre mai et juillet. Enfin, les traitements hormonaux ne semblent pas avoir un effet déterminant sur le pourcentage d'enracinement et la croissance des racines, mais les doses de 2000 ou 6000 ppm améliorent le nombre de racines émises par bouture.

*Mots Clés* : Peuplier blanc, Bouturage herbacé, Substrat, période, Traitement hormonal.

### *SUMMARY*

In Algeria, hardwood cutting is currently the only technique used to propagate white poplar. This technique does not allow substantial multiplication rates because of the big size of the cuttings ; hence alternative techniques are looked for. The present work aimed to develop an efficient method of softwood cutting for the species. Among the factors investigated, the substrate was found having a significant effect on the number of roots emitted per cutting and the growth of adventitious roots of cuttings, but a little one on the frequency of rooted cuttings; gravel seemed to be superior to fine sand. Results also showed that root suckers and stecklings are a material more reactive than are coppice and reiteration shoots, and that cuttings without apex, i. e. collected from the base or the middle of shoots, are a material more recommendable than are cuttings with apex, i. e. taken from the top of shoots. The best period for softwood cutting white poplar is between May and July. Hormonal (IBA) applications at the base of cuttings do not improve the rooting percentage and the growth of roots but increase the number of adventitious roots emitted per cutting.

*Key Words* : White poplar, Softwood cutting, Substrate, Period, Hormonal application.

## INTRODUCTION

Dans l'article précédent sur les effets factoriels principaux et, particulièrement quand il s'est agi des traitements hormonaux, nous avons perçu la nécessité de soulever la question des interactions susceptibles d'exister entre les différents facteurs dont nous avons analysé les effets propres sur l'aptitude à la rhizogénèse des boutures herbacées de peuplier blanc. Les développements qui sont rapportés dans ce deuxième article, concernent justement ces interactions factorielles. Celles-ci doivent être placées dans leur contexte ; les interactions dont il est question sont, avant tout, d'ordre statistique et leur donner un sens biologique peut paraître risqué ou hasardeux. En outre, il faut distinguer les interactions vraies avec changement de classement entre modalités de facteurs des pseudo-interactions sans changements de classement entre modalités de facteurs. Les interactions entre facteurs, lorsqu'elles existent, compliquent l'interprétation des effets principaux des facteurs que l'on veut contrôler. Dans un tel contexte, on ne peut considérer l'effet d'un facteur indépendamment de ceux des autres facteurs avec lesquels il interagit. Les interactions rendent difficiles la prédiction des résultats d'un essai dans lequel deux ou plusieurs facteurs contrôlés sont impliqués sous différentes modalités ; deux modalités d'un facteur peuvent engendrer des résultats différents en présence de telle ou de telle autre modalité d'un deuxième facteur. Des interactions entre facteurs de bouturage ont été signalées à maintes reprises chez les arbres forestiers (RAUTER, 1983 ; WILSON & VAN STADEN, 1990 ; THOMPSON, 1992 ; STANKOVA et PANETSOS, 1997 ; ZALESNY *et al.*, 2003 ; HUSEN, 2004). Les auxines notamment interagissent avec des facteurs comme la lumière ou la teneur en substances hydrocarbonées dans l'arbre, paramètres qui varient avec la période de bouturage ou la position de la pousse sur l'arbre.

Dans cet article, sont étudiées les interactions entre le substrat, l'origine des boutures, la période de bouturage et le traitement hormonal.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel végétal et conditions de bouturage

Le matériel végétal utilisé est constitué de boutures herbacées de drageons, rejets de souche, rameaux de réitération et boutures racinées de 1 an. Ce matériel provient de peupliers blancs de quatre stations de la région d'Alger : (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. La peupleraie de l'oued Beni Messous est le principal lieu de récolte pour les divers essais factoriels.

Des pots plastiques en tronc de cône au fond perforé (6.5 cm x 10 cm x 8 cm) ont été employés comme conteneurs. L'ensemble est placé dans une serre équipée d'un système de brumisation mis en marche de 08 h à 20 h à raison d'un jet de 30 secondes toutes les 20 minutes. Pour plus de détails, se référer à l'article précédent (HARFOUCHE *et al.*) dans la même revue.

### Facteurs et traitements étudiés en interaction

La démarche retenue est de type factoriel qui permet d'estimer et de tester les effets d'interaction entre les facteurs.

*Type de substrat.* Deux types de substrat ont été testés : (1) Sable fin de rivière (0.2 mm) et (2) Gravier (3-5 mm). Ces substrats sont lavés et stérilisés (eau de javel + bénomyl 1 g/l) afin d'éliminer la matière fine (limon et argiles) et

les débris organiques, d'une part, et d'éventuelles spores cryptogamiques ou des germes bactériens, d'autre part. On a employé 150 répétitions par type de substrat. Des pots plastiques en tronc de cône au fond perforé (6.5 cm x 10 cm x 8 cm) ont été employés comme conteneurs.

**Origine des boutures.** Quatre types de boutures ont été utilisés : (i) Boutures issues de drageons (pousses émises par les racines), (ii) boutures de rameaux de réitération (formés à partir de branches tronquées), (iii) boutures de rejets de souche (obtenus par recépage d'arbres adultes), (iv) boutures de deuxième génération provenant de boutures racinées de première génération âgées d'un an (bouturage en cascade). On a employé 100 boutures par type de bouture.

**Période de bouturage.** Les périodes suivantes ont été testées : (i) Printemps, (ii) Été, (iii) Automne. Des boutures de drageons ont été utilisées à raison de 100 boutures par modalité de période.

**Traitement hormonal.** La substance utilisée est l'acide indole butyrique (AIB), auxine de synthèse, aux concentrations de (i) 0.000 ppm (Témoin sans AIB), (ii) 1000 ppm, (iii) 1500 ppm, (iv) 2000 ppm, (v) 6000 ppm.

L'AIB est appliquée à la base des boutures sous la forme d'une préparation poudreuse (Talc + AIB). Le nombre de répétitions par modalité de traitement est de 80.

### 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

Dans le cas des fréquences (pourcentage de boutures racinées), nous avons adapté un test

d'indépendance au  $\chi^2$  pour estimer l'interaction entre les différentes modalités de deux facteurs. Il est intuitif, en effet, de penser que deux facteurs qui n'interagissent pas sont indépendants ; le test est alors non significatif, et vice versa.

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

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

Pour les caractères semi-continus ou continus (nombre de racines par bouture et longueur de la racine principale), nous avons procédé par analyse de variance multifactorielle, qui teste les effets d'interaction par une Statistique F de Fisher-Snedecor, selon les modèles suivants :

$$X_{ijkl} = \mu + sb_i + or_j + ht_k + (sb * or)_{ij} + (sb * ht)_{ik} + (or * ht)_{jk} + (sb * or * ht)_{ijk} + e_{ijkl}$$

et,

$$X_{ijkl} = \mu + pe_i + or_j + ht_k + (pe * or)_{ij} + (pe * ht)_{ik} + (or * ht)_{jk} + (pe * or * ht)_{ijk} + e_{ijkl}$$

où  $X_{ijkl}$  est la mesure effectuée sur la  $l^{ème}$  bouture,  $\mu$  la moyenne générale,  $sb_i$  l'effet (fixe) du  $i^{ème}$  substrat,  $pe_i$  l'effet (fixe) de la  $i^{ème}$  période,  $or_j$  l'effet (fixe) de la  $j^{ème}$  origine des boutures,  $ht_k$  l'effet (aléatoire) du  $k^{ème}$  traitement hormonal, entre parenthèses les interactions (d'ordre 2 et 3) entre les trois facteurs, et  $e_{ijkl}$  le résidu aléatoire.

La variable "Nombre de racines/bouture" a été transformé en racine carrée afin d'améliorer la normalité de la distribution des résidus et de stabiliser la variance d'erreur.

### RÉSULTATS

Les résultats des analyses statistiques sont consignés dans le tableau I et illustrés par les

**Tableau 1.** Tests F ou  $\chi^2$  des effets d'interaction factorielle. ddl : Degrés de liberté ; CM : Carré moyen. (\*) Transformation en racine carrée ; (+) Nombre de racines/bouture/jour. Les interactions significatives au seuil de 5% sont indiquées en gras.

Caractères	Facteurs en Interaction	ddl Interaction	ddl Erreur	CM Interaction	CM Erreur	F ou $\chi^2$	p
% d'enracinement	Sub x Orig	1	/	/	/	0.83	0.36
	Sub x Horm	4	/	/	/	1.61	0.80
	Orig x horm	4	/	/	/	1.75	0.78
	Orig x Period	1	/	/	/	<b>23.69</b>	<b>&lt;&lt;0.001</b>
	Horm x Period	4	/	/	/	<b>10.92</b>	<b>0.03</b>
Nombre de racines/ Bouture	Sub x Orig (*)	1	133	0.76	1.08	0.71	0.40
	Sub x Horm (*)	4	127	1.18	1.08	1.09	0.36
	Orig x horm (*)	4	<b>127</b>	<b>4.06</b>	<b>1.07</b>	<b>3.79</b>	<b>0.006</b>
	Orig x Period (+)	1	<b>174</b>	<b>0.064</b>	<b>0.015</b>	<b>4.25</b>	<b>0.04</b>
	Horm x Period (+)	4	<b>168</b>	<b>0.059</b>	<b>0.013</b>	<b>4.50</b>	<b>0.002</b>
	Sub x Orig x horm (*)	4	117	1.50	0.97	1.56	0.19
Longueur de la plus grande racine (mm)	Sub x Orig	1	36	48.93	2850.29	0.02	0.89
	Sub x Horm	4	86	422.6	933.59	0.45	0.77

Figures 1 à 13. L'interprétation des figures se fait de la façon suivante : (i) lorsque l'interaction entre les facteurs est significative, les segments de droite joignant les valeurs des modalités du facteur A dans chaque modalité du facteur B se coupent (exemples, Figure 8 et Figure 9), (ii) lorsque l'interaction entre les facteurs n'est pas significative, les segments de droite ainsi engendrés ne se coupent pas (exemples, Figure 1 et Figure 6).

#### Interaction substrat x origine des boutures

Les analyses statistiques révèlent une interaction "substrat x origine" non significative au seuil de 5% aussi bien en ce qui concerne le pourcentage d'enracinement ( $\chi^2 = 0.83$  ;  $p = 0.36$ ) que le nombre de racines par bouture ( $F = 0.71$  ;  $p = 0.40$ ) et la longueur racinaire ( $F = 0.02$  ;  $p = 0.89$ ) (Tableau I, Figure 1, Figure 2, Figure 3).

#### Interaction substrat x traitement hormonal

L'interaction "substrat x traitement hormonal" n'est pas significative au seuil de 5% pour les

trois critères considérés, pourcentage d'enracinement ( $\chi^2 = 1.61$  ;  $p = 0.80$ ), nombre de racines par bouture ( $F = 1.09$  ;  $p = 0.36$ ) et longueur racinaire ( $F = 0.45$  ;  $p = 0.77$ ) (Tableau I, Figure 4, Figure 5, Figure 6).

#### Interaction origine x traitement hormonal

On a enregistré une interaction "origine x traitement hormonal" non significative au seuil de 5% pour le pourcentage d'enracinement ( $\chi^2 = 1.75$  ;  $p = 0.78$ ) et significative au même seuil de probabilité pour le nombre de racines par bouture ( $F = 3.79$  ;  $p = 0.006$ ) (Tableau I, Figure 7, Figure 8). On ne dispose pas de données sur la longueur racinaire.

#### Interaction origine x période de bouturage

Les deux facteurs origine et période interagissent significativement au seuil de 5% pour le pourcentage d'enracinement et le nombre de boutures par racine comme le montrent les tests statistiques respectifs ( $\chi^2 = 23.69$  ;  $p << 0.001$ )

Influence de quelques facteurs sur le bouturage herbacé du peuplier blanc : effets d'interactions factorielles

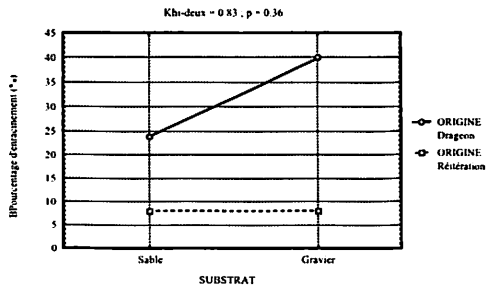


Figure 1

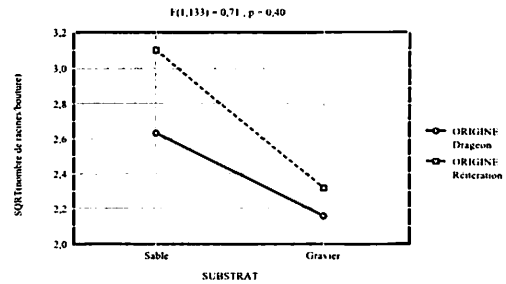


Figure 2

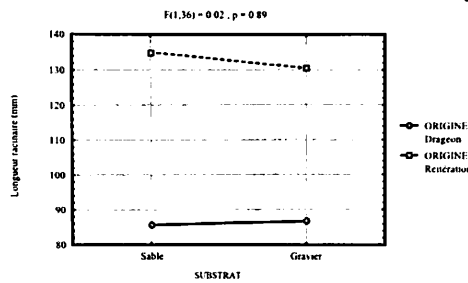


Figure 3

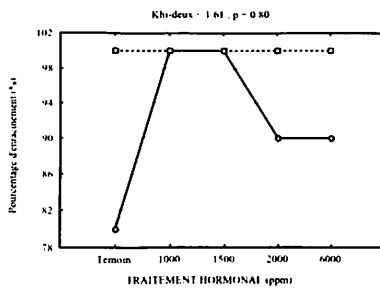


Figure 4

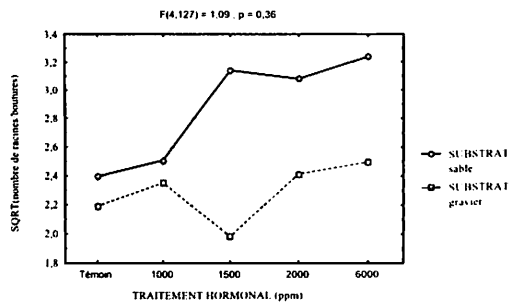


Figure 5

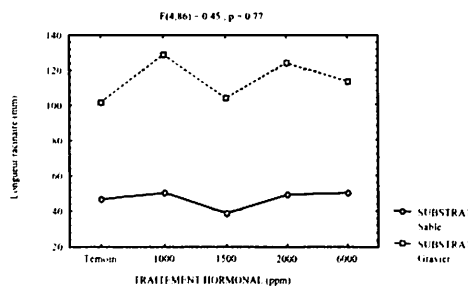
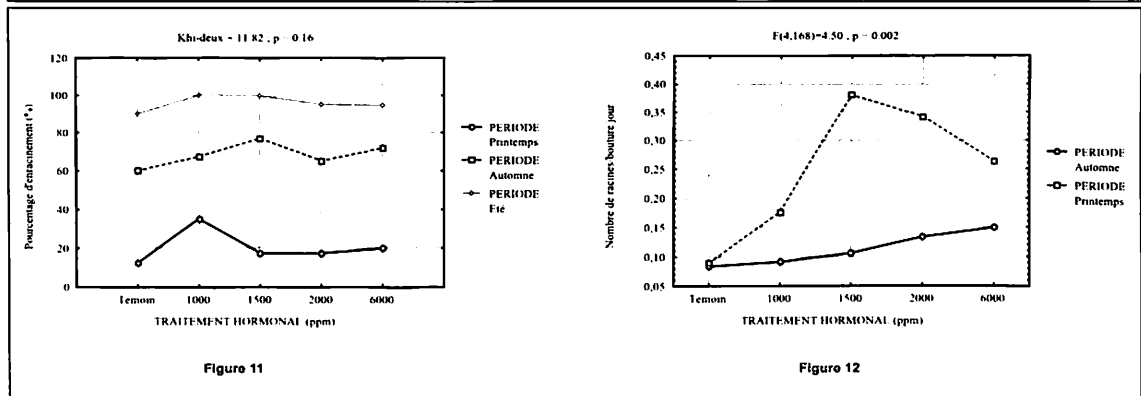
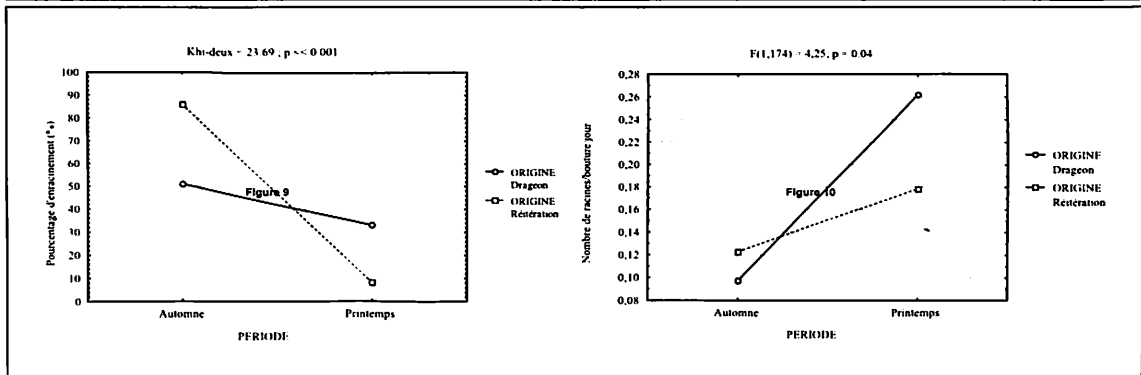
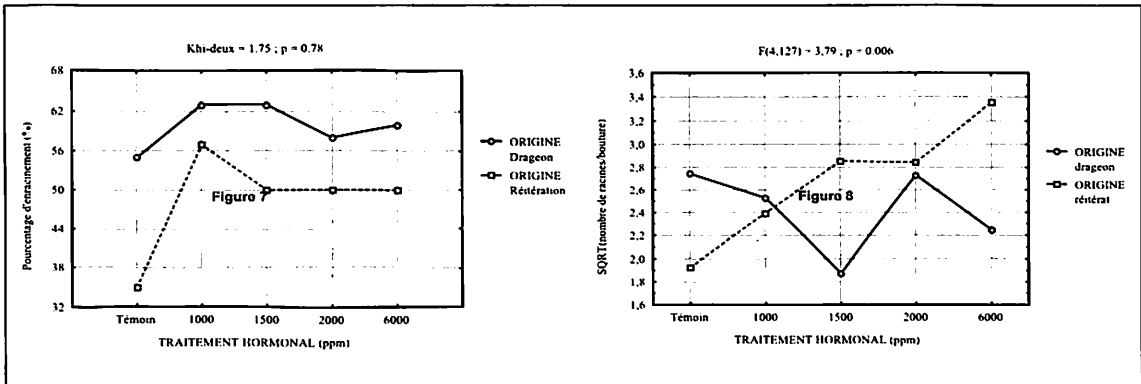


Figure 6

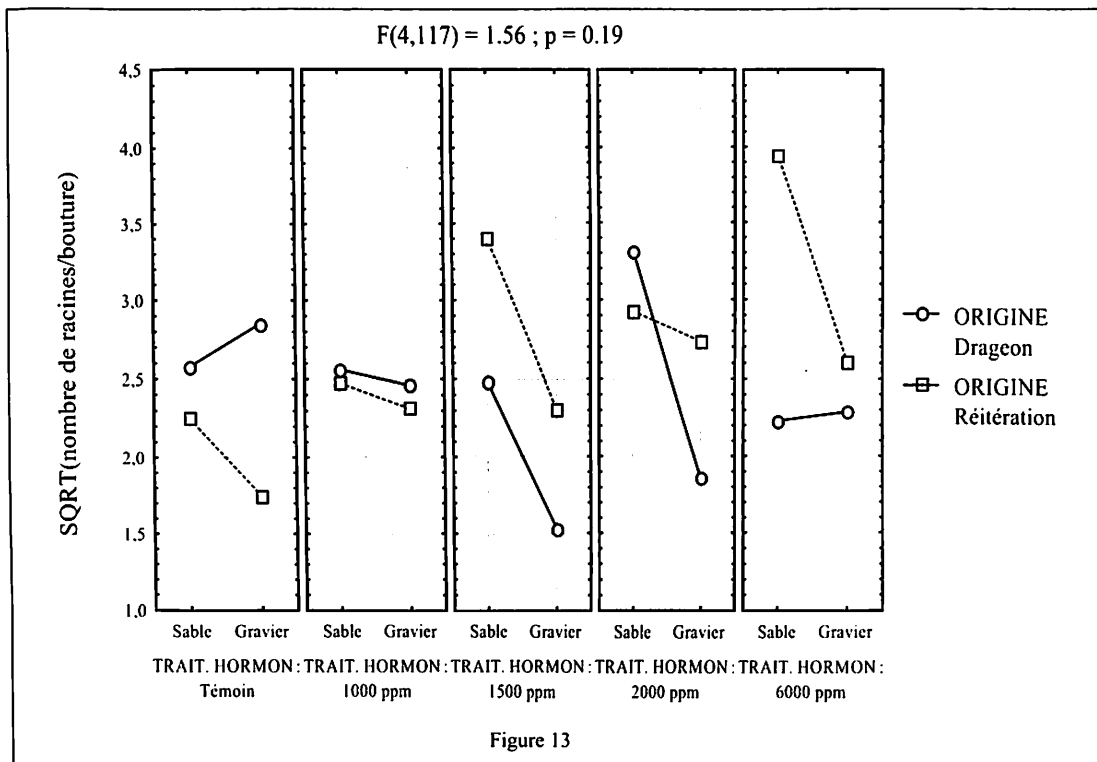


et  $F = 4.25$  ;  $p = 0.04$ ) et les Figures 9 et 10. Les données ne sont pas disponibles en ce qui concerne la longueur racinaire.

**Interaction période x traitement hormonal**

L'interaction "période x traitement hormonal" se révèle non significative au seuil de 5%

s'agissant du pourcentage d'enracinement ( $\chi^2 = 11.82$  ;  $p = 0.16$ ) ; par contre, elle est significative au même seuil de probabilité pour le nombre de racines par bouture ( $F = 4.50$  ;  $p = 0.002$ ). Les Figures 11 et 12 illustrent ces résultats. On ne dispose pas de données pour la longueur racinaire.



### Interaction substrat x origine x traitement hormonal

Cette interaction de troisième ordre est disponible uniquement pour le nombre de boutures par racines ; elle n'est pas significative au seuil de 5% comme l'indiquent le test F correspondant ( $F = 1.56 ; p = 0.19$ ) et la Figure 13. On n'a pu calculer les autres interactions de troisième ordre du fait de la non orthogonalité des dispositifs mis en œuvre.

### DISCUSSION

L'analyse des interactions factorielles qui vient d'être faite montre que le substrat n'interagit, généralement, pas avec les autres facteurs étudiés du bouturage herbacé chez le peuplier

blanc tels l'origine des boutures, la période de récolte des boutures et le traitement hormonal par l'acide indole butyrique, hormone de synthèse. On peut penser que l'indépendance de ces facteurs vis-à-vis de substrats comme le sable ou le gravier trouve son origine dans l'inertie chimique de ces matériaux, qui jouerait un rôle exclusif de support physique.

Par contre, des interactions entre la période de récolte, l'origine des boutures et le traitement hormonal semblent exister, particulièrement en ce qui concerne l'intensité de l'enracinement, traduite en termes de nombre de racines émises par la bouture. Il faut en déduire, par conséquent, que le comportement des boutures d'une origine donnée (drageon ou rameaux de réitération, par exemple) et leur aptitude à l'enracinement dépendront de la période à laquelle elles

auront été récoltées, certaines périodes de l'année étant plus propices au bouturage d'un certain type de matériel végétal qu'à celui d'un autre type. L'action des traitements hormonaux serait également liée à l'origine des boutures et à la période de récolte de celles-ci ; les faibles concentrations ou, inversement les fortes, conviendraient mieux à certaines origines qu'à d'autres, et leur efficacité dépendrait de la période à laquelle sont récoltées les boutures.

L'existence de ces interactions est, probablement, due au fait que l'effet de ces facteurs ou traitements est étroitement lié à la balance hormonale endogène et à la quantité d'hydrates de carbones dans les tissus des individus récoltés. On sait que ces paramètres varient fortement suivant l'époque et la partie de l'arbre considérée comme déjà démontré chez de nombreuses espèces d'arbres forestiers (RAUTER, 1983 ; WILSON & VAN STADEN, 1990 ; THOMPSON, 1992 ; ZALESNY *et al.*, 2003). De plus le génotype semble interagir significativement avec la période de bouturage comme cela a été observé chez le cyprès toujours vert (STANKOVA & PANETSOS, 1997).

Dans une sélection clonale, ces interactions compliquent davantage la mise au point de techniques standards pour propager le progrès génétique et multiplier les individus sélectionnés.

### Références bibliographiques

HUSEN, 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) : pp. 50-55.

RAUTER, R.M., 1983. Current status of macro-propagation. *In* : Clonal forestry: its impact on tree improvement and our future forests. Proceedings of the 9<sup>th</sup> meeting of CTIA, Toronto, part 2. pp 58-74.

STANKOVA, T. & PANETSOS, K., 1997. Vegetative propagation of *Cupressus sempervirens* L. of Cretan origin by softwood stem cuttings. *Silvae Genetica* 46 (2-3) : pp. 137-144.

THOMPSON, D.G., 1992. Current state-of-the-art of rooting cuttings and a view to the future. *In* the proceedings of the 1992-symposium of Bordeaux : *Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species*. Ed. AFOCEL, pp. 333-349.

WILSON, P.J. & VAN STADEN, J., 1990. Rhizocaline, rooting co-factors, and the concept of promoters and inhibitors of adventitious rooting- A review. *Ann. Bot.* 66 : pp. 479-490.

ZALESNY, R.S., JR., HALL, R.B., BAUER, E.O. & RIEMENSCHNEIDER, D.E., 2003. Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of *Populus*. *Silvae genetica* 52 (8-6) : pp. 273-279.