



O. MONTEUUIS
Y. YUSOF

D. VALLAURI
Abd. WAHAP LATIP

C. POUPARD
C. GARCIA

L. HAZARD
M. CHAUVIÈRE

PROPAGATION CLONALE DE TECKS MATURES PAR BOUTURAGE HORTICOLE

Cette étude a été entreprise au sein de l'Unité « Plant Improvement and Seed Production » (P.I.S.P.) implantée au Centre forestier de Luasong (Sabah, Malaisie) et à laquelle le CIRAD-Forêt est très directement associé depuis 1989 dans le cadre d'un projet de recherche-développement en collaboration avec Innoprise Corporation Sdn Bhd (cf. NASI et MONTEUUIS, 1992 et 1993).



Parc à pieds-mères hors sol de clones de tecks matures au Luasong Forestry Centre (Sabah, Malaisie).

Clonal container-grown stock plant orchard established from mature teak genotypes at Luasong Forestry Centre (Sabah, Malaysia).

Tectona grandis, appelé communément teck et appartenant à la famille des Verbenaceae, est une essence forestière précieuse dont l'aire naturelle s'étend de façon discontinue entre 9°-25°30' de latitude nord et 73°-104° de longitude est, englobant le centre et le sud de la péninsule indienne, le Myanmar (ex-Birmanie), la partie nord de la Thaïlande et le Laos (WHITE, 1991).

La qualité de son bois, particulièrement prisée en ameublement et en construction navale, est à l'origine du développement de nombreuses plantations entreprises dès le début du XVIII^e siècle au Myanmar, en Inde, Thaïlande et Indonésie, sur l'île de Java où sa présence naturelle demeure aussi controversée qu'au Sri Lanka et au Vietnam (WHITE, 1991). Cette expansion a ultérieurement gagné l'Afrique tropicale, notamment la Côte-d'Ivoire en 1927 (SOUVANNAVONG et OUATTARA, 1983) et la zone intertropicale du continent américain (WHITE, 1991).

Un récapitulatif des superficies couvertes par les forêts naturelles et les plantations de teck en 1990 a été dernièrement communiqué par DUPUY (1990), correspondant à un total de 25 millions d'ha, essentiellement constitués de formations naturelles de piètre qualité marchande ; les efforts de reboisement sont d'ailleurs encore très loin de satisfaire la demande mondiale. A titre indicatif, le marché du teck correspondait, en 1993, à 3,5 millions de m³ commercialisés par an (DUPUY et VERHAEGEN, 1993).

De nombreux programmes d'amélioration génétique ont été développés pour fournir des plants de qualité aux opérations de reboisement. La voie générative a jusqu'à présent été très largement privilégiée, avec la mise en place de tests de provenances, de descendances et même l'établissement de vergers à graines clonales, principalement à partir de sélections phénotypiques effectuées

dans les populations de base. Ultérieurement, il devrait être possible d'améliorer la qualité génétique des graines produites dans ces vergers en éliminant les génotypes qui présentent les moins bonnes Aptitudes Générales à la Combinaison (A.G.C.) selon un schéma de sélection récurrente sur descendances. Cette option est préconisée par le CIRAD-Forêt dans le cadre de sa collaboration avec l'IDFOR-D.F.O. en Côte-d'Ivoire (VERHAEGEN, 1992, DUPUY et VERHAEGEN, 1993).

La mise en œuvre de stratégies débouchant sur la production de semis via la multiplication sexuée reste néanmoins pénalisée par certains inconvénients tels que :

- l'âge tardif de la première fructification, d'autant que la longueur du fût est très étroitement liée à l'activité édicatrice du méristème végétatif terminal de l'axe principal (croissance de type monopodial), avant sa conversion en méristème floral, prélude au phénomène de dichotomie responsable de la fourchaison ;
- les faibles rendements en graines ;
- les difficultés de germination ;
- l'hétérogénéité des descendances, même entre demi-frères, pour des caractères marchands prisés tels que l'aspect esthétique du bois ;
- la faible héritabilité de bon nombre de caractères d'importance économique majeure, vraisemblablement en raison d'un important contrôle génétique de type non additif ;

Ces restrictions constituent autant de bonnes raisons d'analyser les possibilités de recourir à la multiplication végétative pour propager, sous forme de clones par bouturage horticole, des génotypes combinant des caractéristiques particulièrement avantageuses.

Le présent article se propose d'exposer les principaux acquis résultant de ces expérimentations.

PHASE DE MOBILISATION DES GÉNOTYPES SÉLECTIONNÉS

La « mobilisation » peut être définie comme l'obtention, à partir de l'individu originel sélectionné, de la première génération de copies génétiques indépendantes et autonomes, provoquant généralement une réactivation physiologique du matériel mobilisé. En ce sens, cette phase conditionne dans une large mesure les possibilités de clonage d'individus sélectionnés matures.

Différentes techniques de mobilisation peuvent être envisagées dans le cas du teck.

MOBILISATION PAR GREFFAGE

La mobilisation par greffage reste la technique la plus pratiquée en vue de dupliquer des génotypes de tecks sélectionnés âgés, tout en garantissant leur intégrité. L'opération, réalisable dans des conditions matérielles relativement sommaires pourvu que des porte-greffes à un stade de développement adéquat soient disponibles, consiste à greffer, généralement en « écusson » sur de jeunes tecks issus de semis, des bourgeons prélevés sur l'ortet convoité (SOUVANNAVONG, 1984 ; WHITE, 1991).

Le greffage du teck est surtout utilisé afin d'établir des vergers à graines de clones (SOUVANNAVONG, 1984 ; DUPUY et VERHAEGEN, 1993), mais peut très bien se concevoir aussi en vue de créer des pieds-mères pour la multiplication clonale par bouturage (MONTEUUIS, 1985).

Comme bon nombre de plants produits par greffage, le risque de voir

le génotype sélectionné greffé supplanté par des rejets issus du porte-greffe demeure malgré tout et doit inciter à une grande vigilance. En cas d'incertitude, le recours aux techniques d'identification par électrophorèses peut s'avérer utile.

Ce risque n'existe pas pour les plants obtenus par marcottage ou bouturage, dits « francs de pied ».

MOBILISATION PAR MARCOTTAGE

Le marcottage est une technique de mobilisation intéressante, mettant à profit l'aptitude spécifique du teck à rejeter de souche. Le procédé a été notamment appliqué en Inde par LAHIRI (1985) sur des rejets de souches provenant d'individus de 33 ans.

Les essais entrepris sur ce thème dans le cadre de l'unité P.I.S.P. (MONTEUUIS et POUPARD, 1993), à partir d'individus de 5 ans recépés au niveau du sol (cf. photos 1, 2 et 3), nous ont permis, en fonction des dates, d'obtenir jusqu'à 81 %

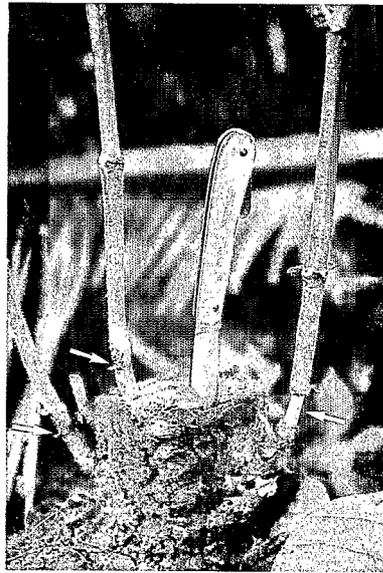


Photo 1. Illustration des techniques de « twist » à l'aide de fil de fer (à gauche) et d'annélation corticale (à droite), pratiquées à la base de rejets de souches en vue du marcottage.
Illustration of girdling by twist wiring (left) and bark strip removal (right) procedures carried out at the base of the actively growing stoolshoots with a view to mound layering.

(22/27) de plants sevrés issus de marcottes, avec un rendement moyen de 58,1 % (61/105), comme illustré figure 1, p. 28. Signalons l'intérêt, sur le plan de la facilité de mise en œuvre et du gain de temps, du « twist » de fil de fer par rapport à l'annélation corticale classique, pratiquée elle aussi à la base des rejets avant l'opération de buttage.

Le marcottage aérien à partir de branches est vraisemblablement une technique envisageable qui mériterait d'être testée en vue de mobiliser des individus supérieurs de teck tout en les conservant sur pied.

Un des atouts incontestables du marcottage réside dans sa simplicité



Photo 3. Mise à nu des marcottes en vue du sevrage ; les racines adventives formées au-dessus de l'annélation (flèche) sont particulièrement vigoureuses ; on note dans le cas présent l'apparition d'un nouveau rejet de souche sous l'annélation.
Mother stool clearing with a view to separate the stoolshoots rooted ; the adventitious roots formed above the girdle (arrow) look particularly vigorous ; note the emergence of a new sprouting shoot just below the girdle.



Photo 2. Opération de « buttage » des rejets ainsi préparés.
Mounding of the so girdled stoolshoots.

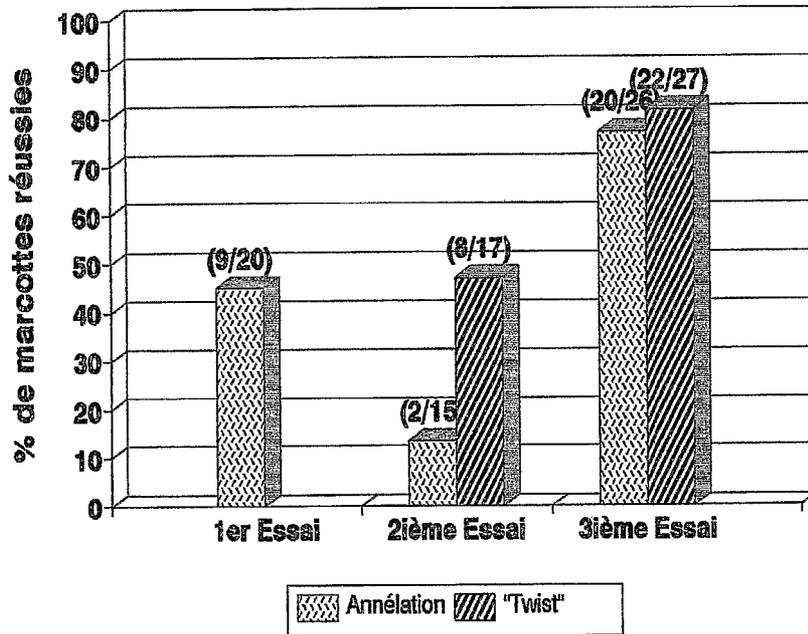


Figure 1. Résultats de marcottage (nombre de marcottes sevrées/nombre initialement mises en place) de tecks âgés de 5 ans recépés au niveau du sol, comparant les techniques d'annélation corticale et de « twist » de fil de fer (phase d'enracinement fixée à 4 mois) ; cf. texte pour plus d'informations.

Comparative mound layering success rates (number of successfully transplanted rooted stoolshoots out of the total number initially girdled) obtained for bark removal (« Annélation ») and twist wiring (« Twist ») girdling techniques applied to 5-year-old teak ortets after decapitation around ground level (rooting period of 4 months).

d'exécution, avec des moyens rudimentaires, en l'absence de conditions appropriées de bouturage, ces dernières permettant d'envisager les opérations de clonage à une tout autre échelle, comme développé ci-après.

MOBILISATION PAR BOUTURAGE

La méthode et les conditions de bouturage utilisées pour le teck sont identiques à celles décrites pour d'autres espèces (MONTEUUIS, 1992) : les boutures de têtes de 3 à 6 cm de long avec bourgeon terminal et dont la base a été saupoudrée de Seradix 3 (0,8 % AIB) sont mises à enraciner dans des bancs de bouturage remplis de sable, sous om-

brage à 50 % et brumisation – « mist sytem » – contrôlée automatiquement par sonde à contact électronique (cf. photo 4).

Plusieurs techniques de mobilisation par bouturage ont été envisagées :

□ A partir de prélèvements directs de ramets sur l'ortet *in situ*

La possibilité d'enraciner des pousses récoltées directement sur l'ortet *in situ* a été testée en choisissant de très jeunes pousses de 3 à 5 cm, situées le plus près possible du pôle racinaire, provenant généralement de bourgeons proventifs demeurés jusqu'alors inhibés, et dont l'apparition peut être stimulée par des opérations de taille (photo 5).

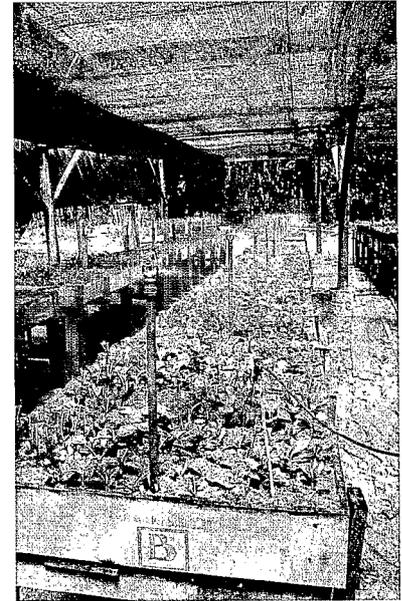


Photo 4. Boutures placées en conditions de bouturage, sous ombrage et « mist system ».

Cuttings set in proper rooting environment, under shade and automatic mist system.



Photo 5. Apparitions de jeunes pousses épicromiques, généralement stimulées par des opérations de tailles sur ortet *in situ*.

*Emergence of young epicormic shoots from an *in situ* ortet, usually as the result of pruning operations.*

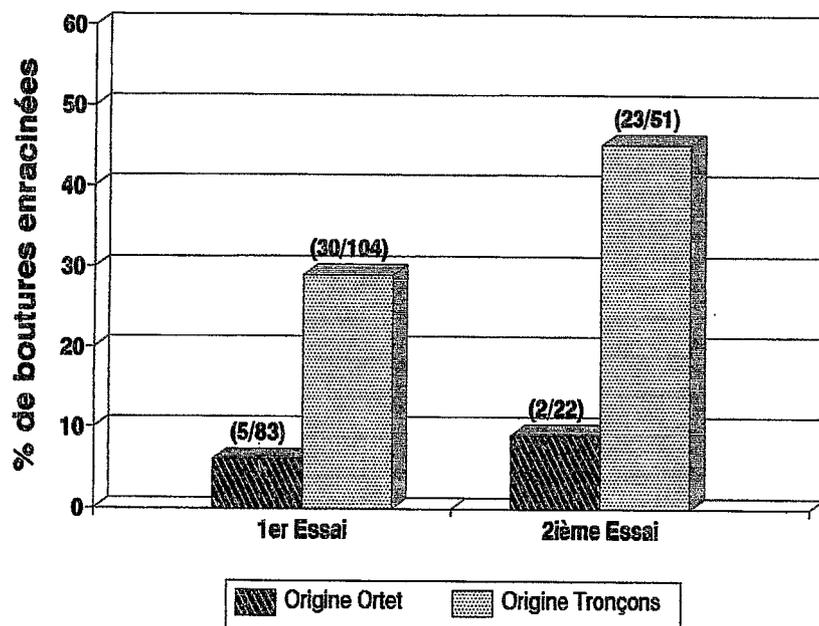


Photo 6. Apparition de pousses axillaires à partir de tronçons de branches placés en conditions adéquates.

Emergence of sprouting axillary shoots from mature teak sticks maintained under suitable environment.

Figure 2. Proportions d'enracinement comparées de boutures prélevées directement sur l'ortet *in situ* – 15 ans – et à partir de tronçons de branches forcés du même ortet ($P < 0,001$, test du χ^2 , phase d'enracinement de 2 mois) ; cf. texte pour plus d'informations.

Comparative rooting percentages obtained for cuttings removed directly from a 15-year-old in situ growing teak ortet (« Origine ortet ») and from nursery forced sticks from the same ortet (« Origine tronçons ») ($P < 0,001$, χ^2 test, rooting period of 2 months).

Les résultats obtenus à partir de matériels de ce type, placés dans les conditions de bouturage du P.I.S.P. définies précédemment, fluctuent aux alentours de 5 à 10 % de boutures enracinées pour un ortet *in situ* de 15 ans, comme indiqué à travers les histogrammes de la figure 2.

□ A partir de tronçons de branches

La première étape de cette technique consiste à provoquer l'apparition de pousses épicromiques à partir de tronçons de branches, de 40 à 70 cm de long pour 2 à 6 cm de diamètre, fraîchement débités de l'ortet sélectionné. Ces tronçons comportant de 2 à 4 nœuds peuvent être façonnés à l'issue des opérations de taille de branches basses évoquées précédemment.

A cette fin, les rondins sont fichés verticalement, en respectant bien

entendu leur polarité et en paraffinant la section supérieure pour éviter les risques de pourriture, dans les bacs de bouturage équipés de « mist-system » et maintenus dans ces conditions d'ombrage et d'humidité comme illustré sur la photo 6. Les jeunes pousses de 3 à 5 cm en cours d'élongation, issues des bourgeons axillaires au niveau des nœuds, sont bouturées dans les conditions préalablement décrites.

Les relevés effectués indiquent que chaque tronçon peut produire en moyenne 2 à 3 pousses susceptibles d'être bouturées, avec un taux d'enracinement fluctuant entre 25 et 45 %. La figure 2 atteste l'intérêt incontestable de la technique « tronçons » par rapport aux prélèvements directs sur l'ortet *in situ* en matière de rendement au bouturage (MONTEUUIS et POUPARD, 1992 ;

MONTEUUIS et VALLAURI, 1994). Les avantages sont également évidents pour tous les aspects relatifs à la récolte du matériel végétal, en minimisant les risques de stress existant lorsque les zones de collecte sont éloignées des aires de bouturage.

□ A partir de souches recépées

Les essais ont été menés à partir d'individus âgés de 5 à 6 ans commençant à porter leurs premières fleurs et pouvant être, de ce fait, considérés comme physiologiquement matures (WAREING, 1959). Les jeunes pousses de 3 à 5 cm de long, produites par les souches de ces sujets recépés à environ 20-30 cm au-dessus du niveau du sol comme illustré par la photo 7 p. 30, s'enracinent, lorsqu'elles sont soumises aux conditions de bouturage stipulées, dans des proportions variant autour de



Photo 7. Apparition de jeunes pousses aptes au bouturage, à partir de souches recépées de tecks matures *in situ*.
Emergence of new young shoots suitable for propagation by cuttings from hedged in situ mature teak stumps.

70 %. Les figures 3 renseignent plus précisément quant au potentiel d'enracinement de telles boutures en fonction des génotypes.

Cette première génération de boutures enracinées issue de ces opérations de mobilisation permet d'établir des pieds-mères, dont le conditionnement particulier vise à optimiser l'aptitude physiologique au clonage conforme des génotypes sélectionnés, et ce avec la meilleure efficacité. Ces aspects, en raison de leur importance cruciale, méritent d'être développés.

MANIPULATION DES PIEDS-MÈRES PROVENANT DES GÉNOTYPES MATURES

L'influence de certains traitements et manipulations horticoles pratiqués sur les pieds-mères en vue de rajou-

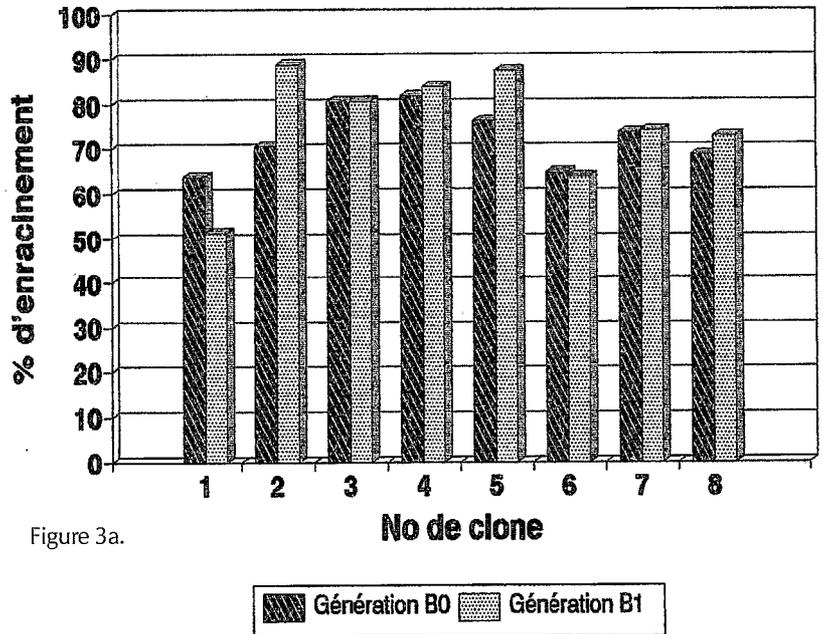


Figure 3a.

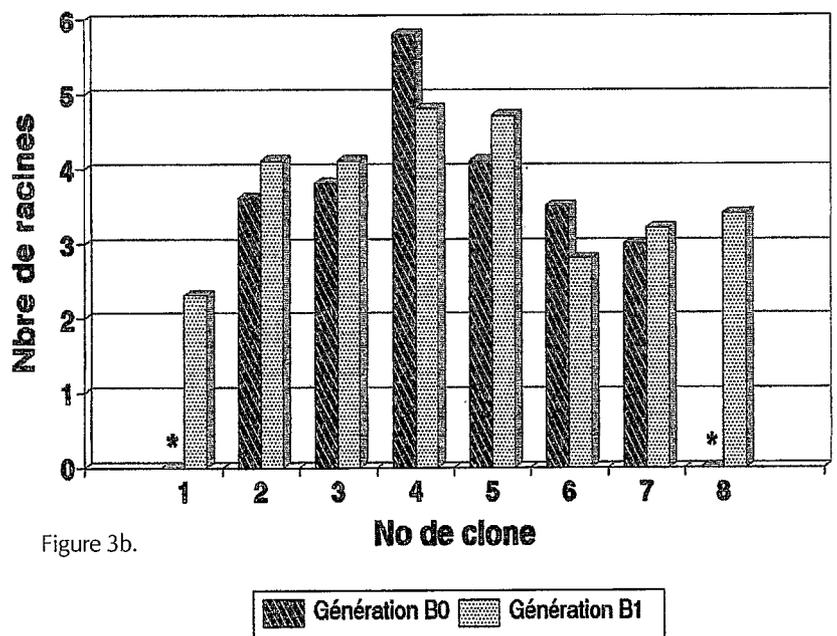


Figure 3b.

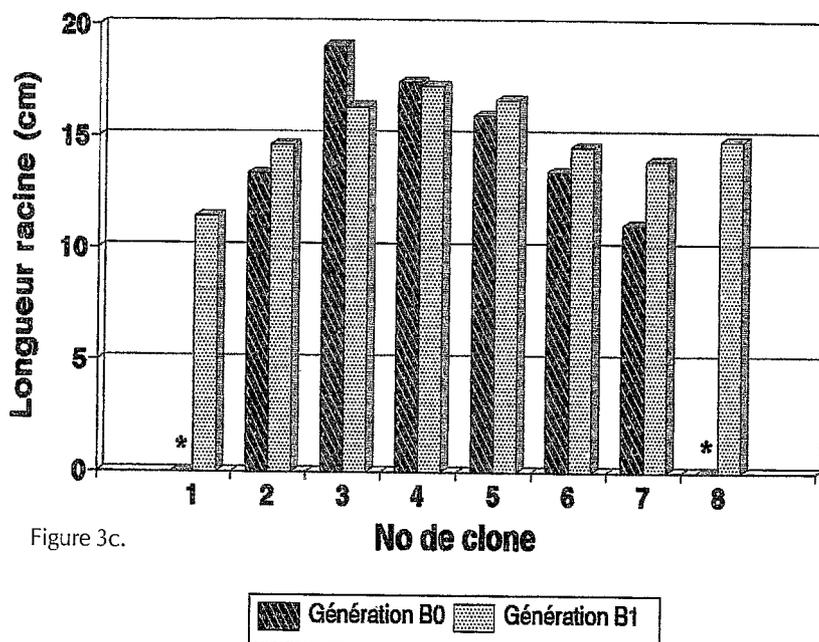


Figure 3c.

dits « exogènes », tels que notamment :

- . substrat d'élevage, avec la possibilité d'optimiser ses composantes physiques et chimiques permettant le développement d'appareils racinaires bien fournis, de type fasciculé avec de nombreuses pointes racinaires actives bénéfiques à la production de boutures de qualité. Ces aspects requièrent une attention toute particulière en cas de sols naturels avoisinants de piètre qualité ;
- . bilan hydrique, avec le recours à l'irrigation d'appoint ;
- . la lumière, avec l'installation de systèmes d'ombrage.

• **Facilités d'action telles que :**

- . entretien et désherbage ;
- . conditionnement (taillies et pincements) ;
- . traitements phytosanitaires, arrosages et fertilisation ;
- . récoltes de boutures ;
- . gestion et inventaires du matériel végétal disponible.

Nous avons utilisé pour nos essais, dans le cadre du P.I.S.P., des pieds-mères issus de boutures de génotypes de 5-6 ans (âge chronologique depuis la germination), cultivés en conditions « hors sol, sous 50 % d'ombrage, dans des sacs plastique de polyéthylène noir remplis de 10 litres de terre superficielle locale argilo-limoneuse. La fertilisation s'est résumée à un apport mensuel de 1,6 g d'engrais complet N.P.K./15-15-15 par conteneur. L'irrigation est assurée manuellement par jet « à la demande » en veillant à éviter tout stress hydrique. Ce matériel est maintenu sous une forme très prostrée à environ 20 cm au-dessus du niveau du sol par des taillies répétées tous les 15-20 jours – pour le régime de fertilisation précisée – qui permettent d'obtenir des pousses courtes, à densité accrue de nœuds répondant au standard physiologique recherché (photo 8, p. 32).

Figure 3a-c. Aptitudes clonales au bouturage comparées de teacks de 5 ans recépés à 20-30 cm au-dessus du sol (Génération de mobilisation B0, résultats moyens correspondant à 12 prélèvements) et de la première génération de boutures hors sol obtenues à l'issue de B0 (Génération B1, résultats moyens correspondant à 19 prélèvements) en ce qui concerne :

- le pourcentage d'enracinement (fig. 3a),
- le nombre moyen de racines primaires néoformées par bouture enracinée (fig. 3b ; * : donnée manquante),
- la longueur moyenne de la plus longue racine formée par bouture enracinée (fig. 3c ; * : donnée manquante), pour une phase d'enracinement de 2 mois.

Comparative clonal scores of rootability for cuttings collected directly from 5-year-old teaks after felling at 20-30 cm above ground level (First generation referred to as « B0 », average scores corresponding to 12 sample collections), and from the cloned container-grown stock plants issued from this first generation (2nd generation referred to as « B1 » ; average scores corresponding to 19 sample collections) with regard to :

- *the percentage of rooted cuttings (fig. 3a),*
- *the average number of adventitious roots per rooted cutting (fig. 3b ; * : missing value),*
- *the length of the longest root per rooted cutting (fig. 3c ; * : missing value), after a 2 month rooting period.*

nir physiologiquement des génotypes matures mobilisés, et par suite de réactiver leur aptitude naturelle originelle au clonage conforme, a été de nombreuses fois démontrée (FRANCLÉ, 1977 et 1981 ; MONTEUJIS, 1985 ; MONTEUJIS *et al.*, 1987).

Dans cet esprit, l'option parc à pieds-mères en conteneurs hors sol gérés de façon intensive paraît préférable aux pieds-mères au champ pour les raisons suivantes :

- **Meilleur contrôle et amélioration des facteurs d'environnement,**



Photo 8. Pied-mère hors sol taillé produisant des pousses axillaires destinées au bouturage.
Container-cultivated stock plant producing axillary shoots suitable for propagation through rooted cuttings.

Les aspects de tailles réitérées des pieds-mères et de bouturage en cascade de ces derniers pour créer de nouvelles générations ont été plus particulièrement étudiés sur 8 génotypes âgés de 6 ans et déjà matures (florifères) (VALLAURI, 1994c).

L'analyse des données recueillies à ce jour permet d'énoncer que :

- Les opérations de tailles successives pratiquées – au nombre de 6 par génération – n'améliorent pas sensiblement le pourcentage de boutures enracinées, ni la longueur, ni le nombre des racines néoformées. Elles sont néanmoins essentielles pour maintenir une forte productivité de pousses à haut potentiel rhizogène, aussi bien sur les pieds-mères hors sol que sur les souches « au champ ».
- Le bouturage en cascade, dans les conditions précisées, ne permet

pas non plus d'augmenter l'aptitude à la rhizogenèse adventive des boutures, appréciée à travers les critères : pourcentage d'enracinement et nombre moyen de racines néoformées, du moins pour les deux premières générations étudiées successivement B0 (à partir des souches recépées « au champ ») et B1 (première génération de boutures « hors sol ») fig. 3.

- L'influence du génotype – « effet clonal » – peut se ressentir quelle que soit la génération sur l'ensemble des trois critères observés, à savoir le pourcentage d'enracinement, la longueur de la plus grande racine et le nombre moyen de racines néoformées par bouture enracinée (fig. 3).

CONSÉQUENCES en matière de propagation clonale par bouturage horticole

Avec pour objectif de systématiser la technique dans une optique de développement industriel, le rendement annuel moyen de boutures enracinées produites par des pieds-mères hors sol de génotypes matures a été établi en fonction de la périodicité des opérations de taille combinées aux récoltes (VALLAURI, 1994e). Seul le paramètre temporel « périodicité » est pris en compte, toutes les pousses suffisamment développées pour être bouturées étant récoltées aux dates fixées.

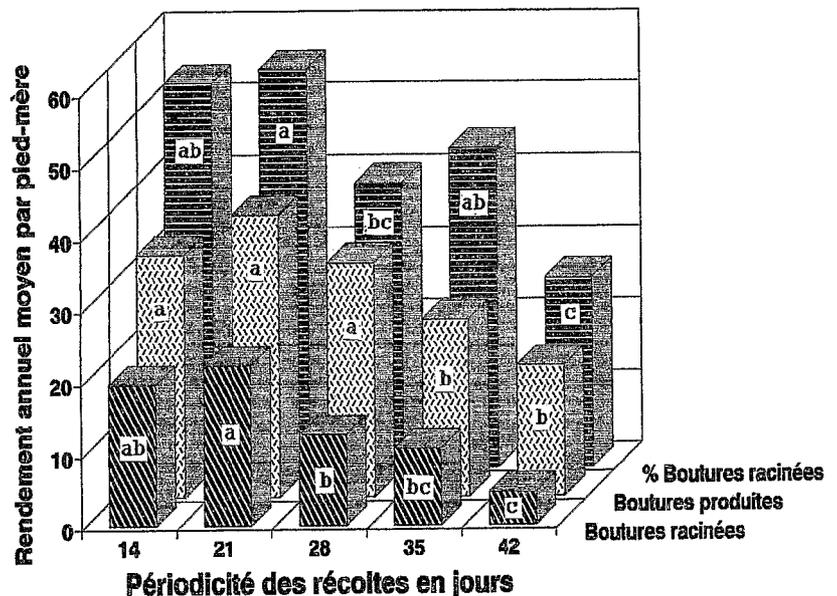


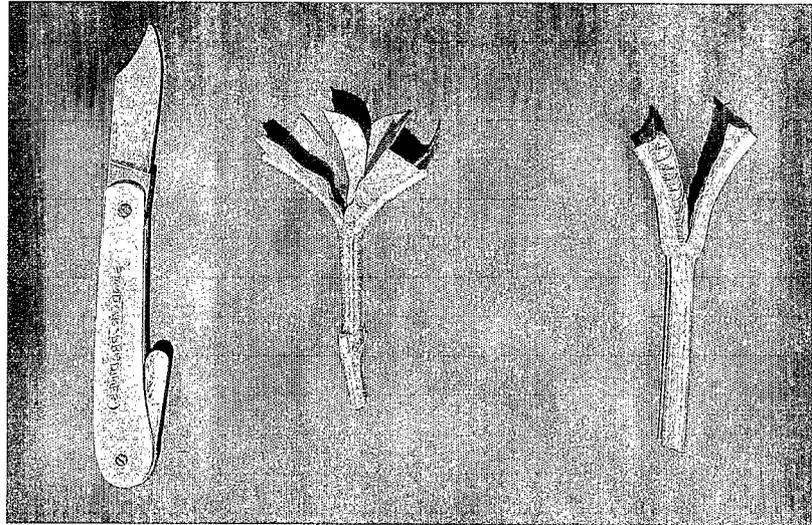
Figure 4. Rendements annuels moyens en boutures produites par pied-mère en fonction de la périodicité des opérations combinées tailles/récoltes. Les pieds-mères, issus de génotypes de 5-6 ans, sont forcés en conditions hors sol (voir texte pour plus d'informations). Les indices littéraux distinguent les variantes de périodicités significativement différentes à $P_0 = 0,05$ pour chacun des trois critères considérés.

Average annual yield of cuttings (from front to back : No of rooted cuttings ; No of cuttings produced and set, corresponding rooting rate) per forced container-grown stock plant derived from 5-6-year-old teak genotypes for different intervals of combined collection/pinching operations. Letters distinguish values significantly different at $P_0 = 0.05$ for each of the three criteria considered.



Photo 9. Archétype de la bouture à hautes potentialités rhizogènes « Type 1 », à gauche, par comparaison au « Type 2 », à droite, beaucoup moins réactif.

Standard of cutting with great rootability potential, referred to as « Type 1 », by comparison with « Type 2 » cutting, much less responsive to adventitious rooting.



Les résultats obtenus dans une phase d'affinement des techniques de gestion des pieds-mères hors sol indiquent que des opérations de taille, couplées à la récolte effectuée tous les 21 jours, permettent de produire 20 boutures racinées par an et par pied-mère – 15 pieds-mères par m² de surface utile – en moyenne pour l'ensemble des génotypes matures mobilisés (fig. 4).

Ce rendement peut être sensiblement amélioré. En effet, les différents essais menés durant trois ans dans le cadre du P.I.S.P. ont permis d'établir que la physionomie des pousses récoltées joue un rôle prépondérant dans la réussite des opérations de bouturage à partir de génotypes matures de teck mobilisés (VALLAURI, 1994b, h), aboutissant à des taux moyens de réussite supérieurs à 80 %.

L'archétype de la bouture à hautes potentialités rhizogènes – « Type 1 » – est illustré par la photo 9, avec ses caractéristiques majeures récapitulées dans le tableau p. 34, par comparaison avec des boutures issues de pousses vigoureuses – « Type 2 ».

Les résultats de bouturage obtenus respectivement pour ces deux types de boutures sont représentés par la figure 5, à titre d'illustration.

L'analyse de l'influence du type de bouture prélevée sur ses potentialités rhizogènes a été approfondie (VALLAURI, 1994a), comparant deux types bien distincts de matériels issus de la seconde génération B2 de pieds-mères hors sol de géno-

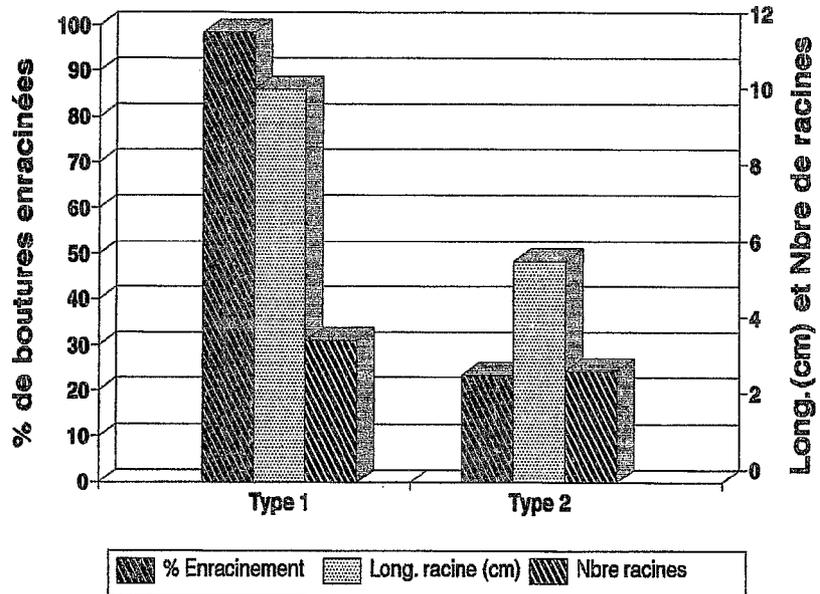


Figure 5. Aptitudes à la rhizogenèse adventive comparées de boutures de « Type 1 » et de boutures de « Type 2 » (voir texte) prélevées sur des pieds-mères hors sol de génotypes de tecks âgés de 5-6 ans en ce qui concerne :

- le pourcentage d'enracinement ($P = 0,05$, test du χ^2),
- la longueur moyenne de la plus longue racine formée par bouture enracinée ($P < 0,001$, test ANOVA),
- le nombre moyen de racines primaires néoformées par bouture enracinée ($P < 0,001$, test ANOVA),

à l'issue d'une période d'enracinement de 42 jours.

Comparative potential for adventitious rooting of « Type 1 » and « Type 2 » cuttings (see text for type definition) collected from stock plants derived from 5 to 6-year-old teak genotypes, with regard to :

- *the percentage of rooted cuttings ($P = 0,05$, χ^2 test),*
 - *the length of the longest root per rooted cutting ($P < 0.001$, ANOVA test),*
 - *the average number of adventitious roots per rooted cutting ($P < 0.001$, ANOVA test),*
- after a rooting period of 42 days.*

PRINCIPAUX TRAITS DISTINCTIFS ENTRE BOUTURES DE « TYPE 1 » ET BOUTURES DE « TYPE 2 »

Type 1	Type 2
Tige souple et pubescente.	Tige rigide, plus vigoureuse et glabre, à aspect quadrangulaire accentué par la présence de côtes angulaires saillantes.
Densité moyenne de nœuds apparents de l'ordre de 0,47 par cm de tige, soit environ 2,5 nœuds visibles par bouture de 5 cm de long.	Densité moyenne de nœuds apparents plus faible, de l'ordre de 0,25 par cm de tige, soit environ 1,5 nœud visible par bouture de 5 cm de long.
Entrenœuds courts (basal de l'ordre de 2 cm).	Entrenœuds plus longs (basal de l'ordre de 4 cm).
Aspect « ramassé ».	Aspect plus élancé.
Feuilles à limbe peu développé.	Limbe plus développé.
Couleur vert tendre.	Pigmentation plus ou moins prononcée.

types matures à un témoin juvénile constitué de boutures récoltées sur de jeunes semis de teck d'un an environ. Les résultats correspondants sont exposés sous forme de graphique, figure 6.

Il ressort de ces observations que :

- Le type de bouture influe sur le pourcentage, mais également sur la cinétique de la rhizogenèse adventive. Il apparaît clairement que les boutures prélevées sur des pousses trop développées, âgées de six semaines, s'enracinent nettement moins bien que leurs homologues provenant de pousses âgées d'une vingtaine de jours seulement et morphologiquement identifiables au type 1.
- Le traitement de ces dernières à l'« hormone » rhizogène — Sercadix 3 — (VALLAURI, 1994d) permet d'obtenir, à partir de ces génotypes matures, des réponses rhizogènes en matière de pourcentage, voire de délais d'enracinement, comparables à celles du témoin juvénile.

Pratiquement, la production de pousses de type 1 recherchées est subordonnée :

- Au régime de tailles ou pincements « en vert », destiné à favoriser la profusion de nombreuses pousses axillaires et éviter la production

d'une ou deux pousses « leader » vigoureuses dominantes, « gourmands » des horticulteurs, impropres au bouturage (« type 2 »).

- A la fréquence des récoltes, qui devra être d'autant plus élevée que les pieds-mères pourront rapidement produire des pousses de 3 à 5 cm de long, en fonction du régime de culture, fertilisation notamment, et du génotype (rythmes de crois-

sance éventuels variables en fonction des clones).

- A la hauteur de taille des pieds-mères, la proximité du pôle racinaire *in situ* favorisant les potentialités rhizogènes des boutures.
- A la quantité de pousses prélevées, en évitant tout gaspillage et en prélevant les boutures de préférence au-dessus du nœud, source virtuelle de deux nouvelles pousses axil-



Photo 10. Pieds-mères hors sol taillés et forcés, issus de bouturage de génotypes matures (matériel cloné).

Properly hedged (cut back) and forced container-grown stock plants issued from rooted cuttings from mature genotypes (cloned plant material).

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les divers essais effectués dans le cadre du P.I.S.P. convergent pour mettre en évidence que le bouturage du teck paraît très nettement dépendant du type de bouture prélevé, confirmant par là-même les présomptions de SOUVANNAVONG et OUTARRA (1983) à partir des premiers travaux réalisés sur ce thème au C.T.F.T./Côte-d'Ivoire. La possibilité d'identifier un type physiologique de pousse présentant les plus fortes potentialités rhizogènes est un réel atout comparativement à d'autres espèces. Ce qui nous a incités bien logiquement à définir le standard de bouture présenté, à partir de critères visuels simples. Ces caractéristiques physiologiques reflètent en tout état de cause un état physiologique particulier de « compétence » à la reproduction végétative (CHAUSSAT et COURDUROUX, 1980), très vraisemblablement influencé par l'âge physiologique des méristèmes primaires édificateurs sollicités par les opérations de taille (MONTEUUIS, 1989). A l'instar d'autres espèces telles que les eucalyptus, les opérations de taille sont susceptibles d'induire une revigoration des pousses engendrant le type 2, au lieu du rajeunissement physiologique souhaité, favorisant la production de boutures de type 1. Comme le fait très justement remarquer WAREING (1987), il faut bien se garder, surtout pour certaines espèces, d'assimiler revigoration (« reinvigoration ») et rajeunissement (« rejuvenation »). En ce sens, la régularité et la fréquence des manipulations des pieds-mères, gérés de façon intensive pour parvenir à des formes très compactes et annihiler le développement de « gourmands », demeure essentielle. L'adoption à terme d'un régime strict de gestion des pieds-mères, avec des fréquences de tailles-récoltes bien établies en tenant compte d'éventuelles particularités clo-

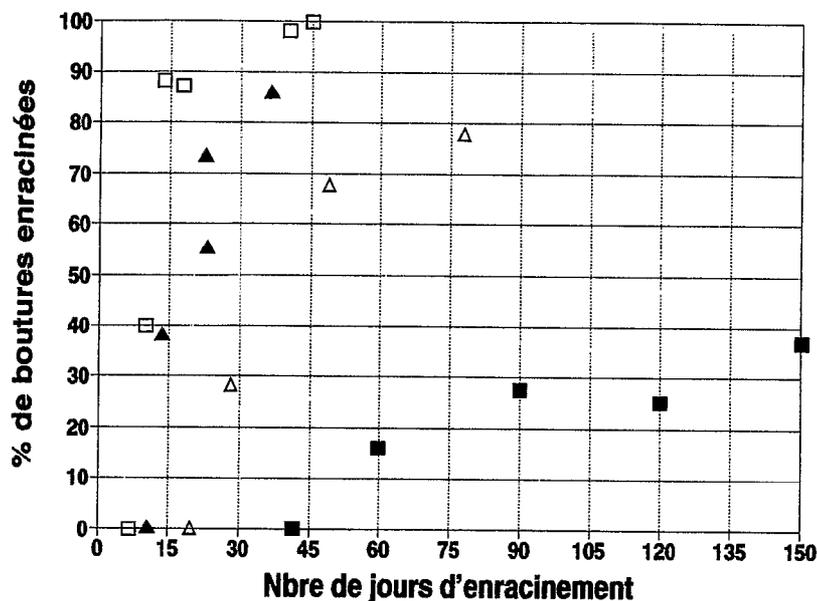


Figure 6. Evolution du pourcentage d'enracinement — établi à partir d'échantillons de N = 60 boutures — en fonction de la durée d'enracinement pour différents types de matériels :

□ boutures provenant de jeunes semis de 1 an, sans application de substance rhizogène (témoin) ;

▲ boutures issues de pousses de 20 jours provenant de la seconde génération de pieds-mères hors sol de génotypes matures et traitées avec Seradix 3 ;

△ boutures issues de pousses de 20 jours provenant de la seconde génération de pieds-mères hors sol de génotypes matures sans application de substance rhizogène ;

■ boutures issues de pousses de 6 semaines provenant de la seconde génération de pieds-mères hors sol de génotypes matures et traitées avec Seradix 3.

Evolution of the rooting percentage — established from 60 cuttings per sample — in relation to the length of the rooting period for different cutting origins :

□ *cuttings collected from 1-year-old seedlings, in absence of any auxin treatment (control) ;*

▲ *Seradix 3 treated cuttings from 20-day-old shoots produced by the second generation of serially propagated container-grown stock plants derived from mature genotypes ;*

△ *cuttings from 20-day-old shoots produced by the second generation of serially propagated container-grown stock plants derived from mature genotypes, in absence of any auxin treatment ;*

■ *Seradix 3 treated cuttings from 6-week-old shoots produced by the second generation of serially propagated container-grown stock plants derived from mature genotypes.*

lares, d'autant qu'il a été établi que le nœud basal n'a pas d'influence sur les capacités rhizogènes des boutures (VALLAURI, 1994).

La prise en considération de ces observations débouchant sur un mode de gestion intensive des pieds-mères, en adoptant un régime de

taille-récolte tous les 3-4 jours et de fertilisation plus régulière tous les 15 jours, nous permet de tabler, dans nos conditions, sur un rendement annuel moyen de 40 boutures enracinées par pied-mère, soit 600 par m² de surface utile pour l'ensemble de nos clones matures.

nales, devrait permettre de systématiser les collectes de boutures, quasi exclusivement représentées par le type 1 recherché. Cet aspect est particulièrement important dans la perspective d'une propagation clonale industrielle par bouturage horticole. Encore faudra-t-il définir la durée de vie des pieds-mères, déterminée par les effets négatifs de l'épuisement physiologique sur leur productivité en boutures racinées de qualité. Il convient de remarquer, à ce propos, que le teck est apparemment peu sujet aux phénomènes de plagiotropie susceptibles d'affecter, dans une large mesure, la croissance ultérieure de boutures enracinées de certaines espèces telles que *Anthocephalus chinensis* lorsque les ramets ne sont pas prélevés, là encore, au stade optimal de développement (MONTEUUIS, 1992).

Il peut paraître surprenant, par référence à d'autres espèces telles que *Octomeles sumatrana* bouturé dans les mêmes conditions (MONTEUUIS, 1992), qu'il n'y ait pas d'effet « cascade » marqué sur les capacités à l'enracinement des génotypes matures observés, particulièrement entre les boutures provenant, d'une part, des souches au champ recépées et, d'autre part, de la première génération B1 de pieds-mères hors sol. Cela est lié dans une certaine mesure à l'aptitude au bouturage déjà élevée des pousses, récoltées à un stade de développement favorable et produites par les souches matures recépées régulièrement à 20 cm du sol pour un meilleur conditionnement physiologique. Les résultats obtenus à partir de jeunes pousses mais prélevées à environ 3 m du sol sont en effet nettement moins bons (fig. 2) ; consécutivement, le gain de réactivité au bouturage à partir de la première généra-

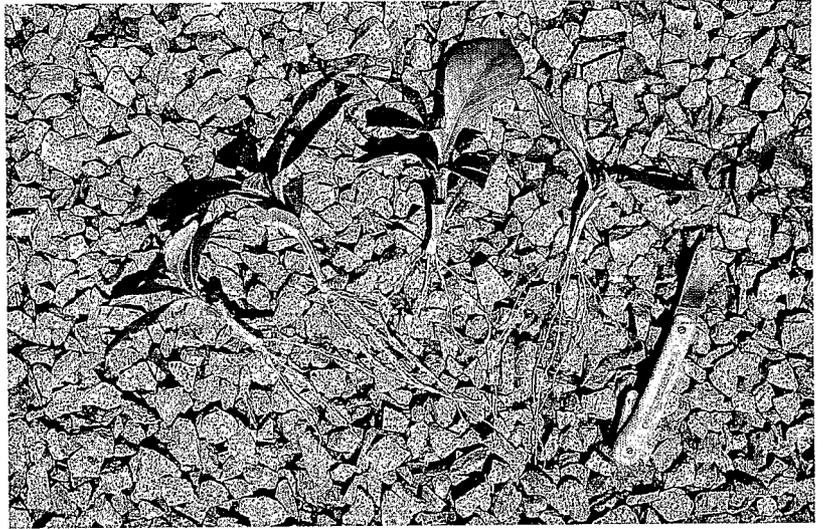


Photo 11. Boutures enracinées de génotypes matures de teck.
Rooted cuttings derived from mature teak genotypes.

tion de pieds-mères hors sol gérés intensivement est beaucoup plus probant.

Enfin, il importe de garder à l'esprit que les observations effectuées sont liées dans une certaine mesure aux facteurs environnementaux, dits « exogènes », bien souvent imposés par le contexte local. Ainsi, l'influence de la nature et du mode d'apport des fertilisants sur l'aptitude des pieds-mères à fournir des boutures de qualité mériterait-elle d'être examinée. De même, il est fort probable que des substrats de culture comportant plus de matière organique et d'éléments fibreux que la terre superficielle locale utilisée puissent améliorer la qualité de l'appareil racinaire des pieds-mères, en augmentant la quantité de pointes racinaires actives, lieux de synthèse des cytokinines endogènes, présumées bénéfiques aux phénomènes de rajeunissement (CHAUSSAT et COURDURoux, 1980).

Les résultats générés dans le cadre du P.I.S.P., bien que sans nul doute perfectibles, permettent d'établir que la propagation clonale de génotypes âgés de teck par bouturage horticole est techniquement possible. Les rendements correspondants de 80 % de boutures enracinées, dans les conditions stipulées de production semi-industrielle, laissent d'ores et déjà entrevoir de belles perspectives de plantations clonales pour une meilleure valorisation des atouts de cette essence si précieuse. □

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier AWANG MOHDAR, Directeur du Luasong Forestry Centre, pour la qualité des conditions de travail, ainsi que l'équipe du P.I.S.P., plus particulièrement Thomas ROUING et KAMIS UBIT pour leur aide et leur conscience professionnelle de tous les jours.

► Olivier MONTEUUIS
CIRAD-Forêt/I.C.S.B.
P.O. Box 60793
91017 TAWAU, SABAH
MALAYSIA



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Publications et ouvrages

- CHAUSSAT (R.), COURDUROUX (J.-C.), 1980.
Régulateurs de croissance et multiplication végétative. Dans : La multiplication végétative des plantes supérieures, Gauthier-Villars, Paris, pp. 31-50.
- DUPUY (B.), 1990.
Notes de voyage en Chine tropicale lors d'un séminaire régional sur le teck. Bois et Forêts des Tropiques, 226 : 69-76.
- DUPUY (B.), VERHAEGEN (D.), 1993.
Le teck de plantation *Tectona grandis* en Côte-d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 235 : 9-24.
- FRANCLET (A.), 1977.
Manipulation des pieds-mères et amélioration de la qualité des boutures. AFOCEL, Études et Recherches, 12, 20 p.
- FRANCLET (A.), 1981.
Rajeunissement et propagation végétative des ligneux. Annales AFOCEL, 1980 : 11-40.
- LAHIRI (A. K.), 1985.
A note on possibilities of mound layering of teak. Indian For. : 870-871.
- MONTEUUIS (O.), 1985.
La multiplication végétative du séquoia géant en vue du clonage. Annales AFOCEL, 1984 : 139-171.
- MONTEUUIS (O.), 1989.
Maturation concept and possible rejuvenation of arborescent species. Limits and promises of shoot apical meristems to ensure successful cloning. Dans : Comptes Rendus du Symposium IUFRO : « Breeding Tropical Trees : Population Structure and Genetic Improvement Strategies in Clonal and Seedling Forestry », Pattaya, 28.11.-3.12.1988. Oxford Forestry Institute, Oxford, and Winrock International, Arlington, U.S.A., pp. 106-118.
- MONTEUUIS (O.), 1992.
Current advances in clonal propagation methods of some indigeneous timber species in Sabah (Malaysia). Proceedings of F.A.O.-U.N.D.P. symposium on « recent advances in mass clonal multiplication of forest trees for plantation programmes », Cisarua, Bogor (Java, Indonesia), 1-8.12.1992. F.A.O.-U.N.D.P., Los Baños, Philippines : pp. 168-193.
- MONTEUUIS (O.), PAGES (C.); SARRAN (P.), 1987.
De l'amélioration des conditions de bouturage en cascade du *Sequoia sempervirens*. Annales AFOCEL, 1986 : 111-131.
- NASI (R.), MONTEUUIS (O.), 1992.
Un nouveau programme de recherches au Sabah : le Rotin. Bois et Forêts des Tropiques, 232 : 15-25.
- NASI (R.), MONTEUUIS (O.), 1993.
Un nouveau programme de recherches au Sabah : les Arbres. Bois et Forêts des Tropiques, 233 : 25-34.
- VERHAEGEN (D.), 1992.
La sortie variétale d'espèces de bois d'œuvre à moyenne révolution en Côte-d'Ivoire. Dans : Comptes Rendus du Symposium AFOCEL-IUFRO : « Production de variétés génétiquement améliorées d'espèces forestières à croissance rapide », Bordeaux, 14-18.9.1992. AFOCEL, Nangis, France : (I), pp. 387-395.
- WAREING (P. F.), 1959.
Problems of juvenility and flowering in trees. Journal of the Linnean Society of London, 56 : 282-289.
- WAREING (P. F.), 1987.
Phase change and vegetative propagation. In : Improving vegetatively propagated crops, Acad. Press, Londres, pp. 263-270.
- WHITE (K. J.), 1991.
Teak : some aspects of research and development. F.A.O. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), Publication 1991/17, 53 p.
- Documents et rapports internes**
- MONTEUUIS (O.), POUPARD (C.), 1992.
Attempting to clone a mature teak (*Tectona grandis*) ortet from cuttings. P.I.S.P. short note 19.
- MONTEUUIS (O.), POUPARD (C.), 1993.
Propagating *Tectona grandis* by mound-layering : a preliminar study. P.I.S.P. short note 3.
- MONTEUUIS (O.), VALLAURI (D.), 1994.
Attempting to clone a mature teak (*Tectona grandis* L.f.) tree from cuttings. P.I.S.P. short note 11.
- SOUVANNAVONG (O.), 1984.
Greffage du Teck. Note technique C.T.F.T./Côte-d'Ivoire, 3 p.
- SOUVANNAVONG (O.), OUATTARA (N.), 1983.
Essais de bouturage herbacé du teck (*Tectona grandis* L.f.). Rapport technique C.T.F.T./Côte-d'Ivoire, 12 p.
- VALLAURI (D.), 1994a.
Best duration of the rooting period for *Tectona grandis* L.f. P.I.S.P. short note 10, 4.
- VALLAURI (D.), 1994b.
Shoot growth process of *Tectona grandis* L.f. stockplants. Implications for rooting cutting success. P.I.S.P. short note 12, 11 p.
- VALLAURI (D.), 1994c.
Management of *Tectona grandis* clonal garden. Part I : presentation and global data. P.I.S.P. short note 13, 6 p.
- VALLAURI (D.), 1994d.
Influence of hormone on rooting ability of cuttings of *Tectona grandis* L.f. P.I.S.P. short note 15, 3 p.
- VALLAURI (D.), 1994e.
Cutting production and rooting ability in relation to the rhythm of collecting of *Tectona grandis* L.f. stock plants. P.I.S.P. short note 20, 11 p.
- VALLAURI (D.), 1994f.
Basal node of the cuttings and rooting ability of *Tectona grandis*. P.I.S.P. short note 26, 8 p.
- VALLAURI (D.), 1994g.
Best duration of the rooting period for *Tectona grandis* L.f. (Second experiment). P.I.S.P. short note 28, 4 p.
- VALLAURI (D.), 1994h.
Morphological cutting features and rooting ability of *Tectona grandis* L.f. P.I.S.P. short note 33, 5 p.



R É S U M É

PROPAGATION CLONALE DE TECKS MATURES (*TECTONA GRANDIS*) PAR BOUTURAGE HORTICOLE

Les possibilités de propagation clonale massale par bouturage horticole de tecks âgés de 5 à 15 ans ont été étudiées en considérant les phases successives de mobilisation des génotypes, puis de manipulation des pieds-mères clonés obtenus.

La technique de mobilisation par tronçons de branches s'avère particulièrement intéressante, permettant d'enraciner jusqu'à 45 % des pousses produites par un individu de 15 ans sans nuire à sa croissance.

Quelle que soit l'origine du matériel, le facteur déterminant de réussite dans les conditions de bouturage stipulées demeure le type de pousse prélevée, débouchant sur la définition d'un standard. Des préceptes de gestion intensive de pieds-mères clonés, cultivés hors sol, favorisant la production de ce type de pousses et permettant de bouturer des génotypes matures avec des rendements moyens de 80 %, sont exposés, dans une perspective de développement industriel.

Mots-clés : Bouturage. Génotypes. Pépinière. *Tectona grandis*.

A B S T R A C T

MASS CLONAL PROPAGATION OF MATURE TEAK TREES (*TECTONA GRANDIS*) BY ROOTED CUTTINGS

Prospects for mass clonal propagation of 5 to 15-year-old teak trees (*Tectona grandis*) by rooted cuttings were assessed considering successively the mobilization of the genotypes, then the management of the issued cloned stock plants obtained.

Mobilizing the selected *in situ* plant materials using sticks placed in proper nursery conditions is particularly effective, since 45 % of the sprouting shoots produced could be rooted for a 15-year-old tree without affecting its growth potential.

Regardless of plant material origin, the cutting type had a decisive influence in our nursery conditions on the potential of mature teak genotypes to be clonally mass propagated through rooted cuttings, leading to the definition of a cutting standard. Intensive management guidelines for container-grown cloned stock plants improving the occurrence of such a cutting type and resulting in average rooting rates of 80 % for mature genotypes are provided, with a view to large scale production.

Key words : Propagation by cuttings. Genotypes. Nursery. *Tectona grandis*.

R E S U M E N

PROPAGACION CLONAL DE TECAS (*TECTONA GRANDIS*) POR ESQUEJADO HORTICOLA

Se han estudiado las posibilidades de propagación clonal masal por esquejado horticola de tecas de edades de 5 a 15 años, considerando para ello las fases sucesivas de movilización de los genotipos, y, acto seguido, la manipulación de los pies madre clonados obtenidos.

La técnica de movilización por troncos de ramas demuestra ser particularmente interesante, al permitir el enraizamiento de hasta un 45 % de los brotes producidos por un ejemplar de 15 años, sin que ello perjudique su crecimiento.

Sea cual fuere el origen del material, el factor determinante de logro en las condiciones de esquejado estipuladas, sigue siendo el tipo de brote utilizado, que tiene como resultado la definición de un estándar. Se exponen los preceptos de gestión intensiva de pies madre clonados, cultivados fuera del suelo, y que son propicios para la producción de este tipo de brotes y que permiten esquejar los genotipos maduros con rendimientos de promedio de un 80 % y ello situándose en una perspectiva de desarrollo industrial.

Palabras clave : Esquejado. Genotipos. Viveros. *Tectona grandis*.



SYNOPSIS

MASS CLONAL PROPAGATION OF MATURE TEAK TREES (*TECTONA GRANDIS*) BY ROOTED CUTTINGS

O. MONTEUUIS, D. VALLAURI, Ch. POUPARD, L. HAZARD, Y. YUSOF,
Abd. WAHAP LATIP, C. GARCIA, M. CHAUVIERE

Joint Research and Development Project between CIRAD-Forêt and Innoprise Corporation Sdn Bhd,
« Plant Improvement and Seed Production - PISP » Unit

Teak (*Tectona grandis* L.) produces one of the highest quality timber in the world. It occurs naturally, though discontinuously, in deciduous forests between 9°-26° north latitude and 73°-104° east longitude, but has been also introduced to many tropical countries mainly from southeast Asia. In 1990, the species was reported to cover about 25 million ha.

Although propagation by seeds remains the most widely used means of multiplying this species, limitations such as quantitatively limited and late seed production, low germination rates, substantial overall variability among offspring, insufficient knowledge about the inheritance of economically significant traits, constitute good reasons to explore the possibilities of mass clonal propagation by rooted cuttings of mature teak genotypes.

Getting the first generation of clonal off-spring from *in situ* mature trees - mobilization phase

Various vegetative propagation techniques can be considered to get the first generation of genetic copies from *in situ* growing mature teak trees - 5 to 15 years old. Although grafting has been preferentially widely used so far, our experiments suggested that good prospects could be expected from mound layering - up to 70 % of success - and from propagation by cuttings, either from sprouting stumps after the ortet was felled - 70 % as average rooting rates for 5 to 6-year-old genotypes - or from sticks - 30 to 40 % of rooted shoots for a 15-year-old genotype - providing suitable nursery facilities with automatic mist systems are available. However, for these two latter options of mobilization by rooted cuttings, success rates were found to be highly dependent upon the type of shoot used as cutting, the base of which was systematically powered with « Seradix 3 ».

Manipulating the cloned stock plants obtained from the mature genotypes

Preference was given to container-grown stock plants that allow better control of

the exogenous factors and easier intensive management - weeding, feeding, chemical treatments, hedging/pinching and collection operations - rather than field-grown ones requiring more space. Experiments carried out on such intensively cultivated container stock plants issued from cuttings from 5-6-year-old teak trees indicated that their potential for adventitious rooting with regard to rooting rate, number of roots and longest root measurement per rooted cutting :

- was not significantly improved by reiterated hedging practices nor by serial procedures - « cascade » - of propagation by cuttings ;
- could vary from one genotype to another - clonal effect - largely dependent on the collection date, and regardless of the stock plant option adopted - hedged or serially propagated stock plants.

Average rooting rate scores ranged from 50 % to 87 %, depending on the clone.

Consequences for mass clonal propagation of mature teak genotypes by cuttings

With the aim of developing mass clonal propagation systems, stock plant productivity was investigated considering the effect of different time intervals between two cutting collections. Initial experiments established that 20 rooted cuttings on average could be expected annually per mature clone stock plant when harvested-pinched every three weeks, with corresponding rooting rates of 52 %. However, this yield can be greatly improved by selecting the cutting according to a well-defined morphological standard which was shown to display a great potential for adventitious rooting. The number of cuttings of such a desirable type produced can be greatly increased by the way of managing intensively the container-grown stock plants, suitably combining feeding-watering operations and appropriate hedging-pinching regimes consisting in heading back every 3 or 4 days the actively growing vigorous shoots to encourage the emergence of suitable axillary shoots of the required type, while main-

taining the stock plants about 20-30 cm tall.

Realistic assessments based on experimental data established that 40 rooted cuttings on average could be produced annually per stock plant, that corresponding to 600 rooted cuttings per square metre (15 stock plants per square metre), providing the cloned container-cultivated stock plants can be intensively managed according to the prescribed guidelines.

Discussion and prospects

Under proper propagation facilities, clonal propagation of mature teak genotypes was shown to depend greatly upon the type of shoot used as cutting. The possibility of defining a cutting type with great potential for rooting to be selectively chosen from the mother plant based on morphological features is a real asset as compared to many difficult-to-root arborescent species. Such indicators must be considered as helpful guides for the choice of proper stock plant management systems in order to maximize both the number and the quality of the cuttings produced per cloned stock plant. In this respect, special consideration must be devoted to hedging-pinching operation regimes, given too long time intervals between two shearing practices allowing the development of vigorous reinvigorated shoots with low potential for rooting, instead of the desirable axillary shoots exhibiting more rejuvenation symptoms.

The fact that once rooted, cuttings from mature teak genotypes develop rapidly into true-to-type cloned offspring in the absence of phenotypic abnormalities, by contrast with many tree species subject to topophysis manifestations, has to be stressed also as a real advantage for this species to be clonally mass propagated.

Although the influence of other aspects on the possibility to improve mass clonal propagation of mature teak genotypes by cuttings needs to be further investigated, the reported results open new prospects for the clonal forestry of teak.