



BOUTURAGE DES ARBRES FORESTIERS AU CONGO

Résultats des essais effectués à Pointe Noire de 1969 à 1973

par

B. MARTIN

*Ingénieur du G. R. E. F.
Directeur du C. T. F. T. — Congo*

G. QUILLET

Chef de travaux au C. T. F. T. — Congo

SUMMARY

PROPAGATION BY CUTTINGS OF FOREST TREES IN THE CONGO

The C. T. F. T. has employed the method of cuttings in the Congo to propagate the finest phenotypes of certain forest species (Eucalyptus, Limba and Okouné in particular). If the method can be applied on the industrial scale it will make possible reafforestation with trees of superior characteristics.

Ligneous cuttings having failed, recourse was had to herbaceous cuttings.

The trials required the development of a system of artificial nebulisation and the setting up of a glasshouse.

Tests were made on hormonal stimulations and on the ambient conditions of propagation by cuttings: humidity (maintained at 100 % thanks to nebulisation), light (proportioned by plastic nets), ventilation, sanitary condition (requiring good aeration, frequent cleaning and fungicidal treatment), temperature, and substratum (coarse sand and grit in buckets or boxes).

This first part ends with a reference to problems which propagation by cuttings may still pose, and a description of root formation.

RESUMEN

DESQUEJE DE LOS ARBOLES FORESTALES EN EL CONGO

El Centro Técnico Forestal Tropical de Francia (CTFT) ha empleado en el Congo el procedimiento de desqueje para reproducir los mejores fenotipos de ciertas especies forestales (Eucalipto, Limba y Okumé, en particular). Si este procedimiento puede ser aplicado de forma industrial, se podrán obtener repoblaciones constituidas por individuos de características superiores.

Los desquejes leñosos han fracasado, motivo por el cual se ha orientado la solución del problema hacia desquejes herbáceos.

Los ensayos han precisado la puesta a punto de un sistema de nebulización artificial y el establecimiento de un invernadero.

Los ensayos se han referido a las estimulaciones hormonales y las condiciones del medio de desqueje: humedad (mantenida a un 100 % mediante la nebulización), luz (dosificadas por redes de plástico), ventilación, estado sanitario (que, con una buena ventilación, precisa limpiezas frecuentes y la aplicación de tratamientos fungicidas), temperatura, sustrato (arena gruesa y pequeñas gravas en cubiletes o en cajas).

Esta primera parte finaliza por una evocación de los problemas que puede aún plantear el desqueje y una descripción de la formación de las raíces.

AVANT-PROPOS

La reforestation est un investissement lourd et à long terme. Sa faible rentabilité s'oppose presque toujours à des opérations bancaires classiques et l'Etat doit le plus souvent en prendre le financement à sa charge, ce qui est un élément défavorable pour son expansion.

Le prix de revient à l'ha augmente à la vitesse de la progression des salaires et du coût de la vie. Les progrès constatés dans l'amélioration des techniques de pépinière et de plantation, dans l'utilisation des engrais et des travaux d'entretien, ne pourront pas compenser longtemps cet accroissement du prix de revient des reboisements.

On arrive donc à la notion d'amélioration génétique des espèces employées qui, du point de vue

de la biologie, peut se faire théoriquement par 2 voies : la voie sexuée et la voie végétative.

Dans la voie sexuée, c'est-à-dire l'amélioration par les graines, on obtiendra, tout au long des générations d'arbres, des populations plus homogènes et dont l'individu moyen se rapprochera lentement des phénotypes supérieurs sélectionnés au départ et pour les caractères les plus héréditaires.

La multiplication industrielle des arbres par voie de bouturage permet l'amélioration génétique maximale à très court terme, puisque les populations ne seront plus constituées que par des individus à phénotypes supérieurs avec tous leurs caractères, même les moins héréditaires.

Les espèces se bouturant facilement sont rares chez les arbres. Le cas du Peuplier en région tempérée est une exception. C'est pourquoi, la méthode de propagation utilisée par les forestiers est basée sur les graines dans la très grande majorité des cas, contrairement à ce qui se passe dans le monde horticole qui a fait des progrès très rapides en quelques décennies.

De plus, comme les arbres n'ont pas une fructification précoce, les forestiers ont un très gros handicap face aux problèmes génétiques.

Les travaux effectués par le Centre Technique Forestier Tropical au Congo en 1972 et 1973 tendent

à montrer qu'il est possible de réaliser des plantations clonales avec un plus grand nombre d'espèces qu'à l'heure actuelle.

Le bouturage mis au point à Pointe-Noire repose sur une conception différente des pratiques classiques. Des études semblables ont lieu dans de nombreux pays du monde et il est souhaitable que la poursuite de ces travaux se fasse avec des moyens accrus et en collaboration étroite entre les divers Centres de recherche. L'enjeu est très important et peut changer complètement les spéculations sur les reboisements.

INTRODUCTION

A partir de 1969, le C. T. F. T.-Congo a entrepris l'étude du bouturage des arbres forestiers en région tropicale. Le but principal des recherches du Centre étant la multiplication des hybrides d'Eucalyptus platyphylla « F1 » et la résolution de ce problème par voie sexuée étant longue, nous avons cherché assez tôt à reproduire les plus beaux phénotypes de cette descendance par la voie asexuée du bouturage.

Dans l'article intitulé « Amélioration génétique des espèces exotiques introduites en République Populaire du Congo » publié dans le n° 138 de *Bois et Forêts des tropiques* (juillet/août 1971) nous avons décrit le problème dans ses grandes lignes et envisagé d'une façon très théorique l'aspect d'une pépinière industrielle de plants bouturés.

Dans le n° 145 de B. F. T. (septembre/octobre 1972), nous avons présenté les principaux résultats acquis au 1^{er} juillet de cette même année. Certains de ces résultats étaient très encourageants, en particulier la facilité remarquable d'obtenir un excellent système racinaire à partir des pousses de jeunes Limba. La conception du bouturage prenait forme et il était nécessaire de poursuivre les expérimentations afin de ne parler que de

résultats renouvelables ; ce qui est le cas lorsqu'on a maîtrisé les facteurs prépondérants du problème.

Enfin, en mai 1973, nous avons publié, dans le cadre des recherches Outre-Mer du Centre Technique Forestier Tropical, une note intitulée « Multiplication industrielle des Eucalyptus par bouturage ». Ce rapport préliminaire donnait un bref aperçu de la conception du bouturage et des facteurs les plus déterminants. Il énonçait également les essais complémentaires à effectuer.

A l'heure actuelle, tous ces essais complémentaires sont bien loin d'être terminés car ils nécessiteraient des travaux à une plus grande échelle et surtout plus intensifs.

L'objet de cet exposé est de faire le point sur nos travaux de bouturage, en commençant par décrire les différentes expériences auxquelles nous nous sommes livrés depuis 1969, aussi bien sur les Eucalyptus que sur d'autres espèces comme les Araucaria, le Limba et l'Okoumé.

Nous avons pu dégager un certain nombre de résultats qui ne sont peut-être pas valables sous tous les climats et avec toutes les espèces, mais qui conduisent à une conception nouvelle du bouturage pour les forestiers.

CHRONOLOGIE DES ESSAIS

Les essais se déroulent depuis 1969, soit depuis 5 ans. Ce n'est cependant qu'au début de l'année 1973 que l'on a commencé des expériences précises permettant de mesurer les facteurs déterminants du bouturage.

A partir de 1970, l'installation d'un système d'arrosage par brouillard artificiel (« mist ») a orienté radicalement les recherches vers la bouture herbacée. Les années 1971 et 1972 ne correspondent, en fait, qu'à des tâtonnements devant la complexité du problème. Ces deux années ont cependant per-

mis de dégager quelques principes essentiels pour le démarrage d'une bonne expérimentation.

1969. — Essais de boutures « ligneuses » type Peuplier.

1970. — Abandon de cette conception. Installation d'un appareil à brouillard artificiel. Mise au point du système de nébulisation.

1971. — Mise en évidence du besoin d'une protection solaire pour les boutures herbacées. Construction d'une serre.

1972. — Recherche d'un matériau de couverture et d'un traitement fongicide.

1973. — Etude du matériel végétal et de son comportement sous nébulisation.

Dans les années 71 et 72, nous avons obtenu d'une façon empirique des résultats intéressants, parfois surprenants, mais dont le renouvellement s'est révélé souvent impossible du fait des change-

ments incontrôlés des conditions de milieu. Nous donnons dans les pages qui suivent un bref aperçu de ces tâtonnements qui ont permis de mettre au point le système de bouturage.

Les expérimentations décrites dans le présent article sont surtout celles qui ont été réalisées depuis la fin de l'année 72 et que l'on sait maintenant renouveler avec des pourcentages de réussite approximativement constants.

LES ESSAIS DE 1969

BOUTURES « TYPE PEUPLIER ».

Les premières expériences de bouturage ont eu lieu en 1969, tant à Pointe-Noire qu'à Loudima.

A cette époque, la notion de bouture herbacée chez les arbres nous était encore inconnue et nous étions amenés à essayer de provoquer des enracnements à partir de boutures « ligneuses » ressemblant à des boutures classiques de Peuplier. Il s'agissait de portions de tige ou de branche généralement aotées et prélevées sur des arbres âgés de 1 à 4 ans. On laissait ou non les feuilles. L'arrosage était manuel et bien que savamment dosé, tout à fait insuffisant.

Le processus suivant était constaté dans la grande majorité des cas :

- 1) Dessèchement des feuilles restantes.
- 2) Lent démarrage des bourgeons axillaires uniquement sur les réserves de la portion de tige.
- 3) Mortalité, dans la plupart des cas, au bout de 1 à 4 mois.
- 4) Survie pour quelques boutures sur lesquelles se développaient, à leur partie inférieure, quelques racines faibles et horizontales.
- 5) Les boutures présentant des racines (15 à 20 % dans les meilleures conditions) donnaient naissance à un système racinaire uniquement traçant.

L'enracinement avait toujours un aspect très médiocre et la sortie des racines était toujours une opération de survie.

Les boutures feuillées reprenaient moins bien car elles perdaient rapidement leurs réserves par évapotranspiration.

Nous nous sommes cependant aperçus, au cours de ces expériences préliminaires, que la réussite était d'autant plus grande que les sujets sur lesquels les boutures avaient été prélevées étaient plus jeunes ; ce qui est un résultat fondamental.

*Bouture « ligneuse » d'E. 12 ABL prélevée sur plant d'un an.
Taux de reprise très faible et manque complet de vigueur
du système racinaire.*

Photo Martin.

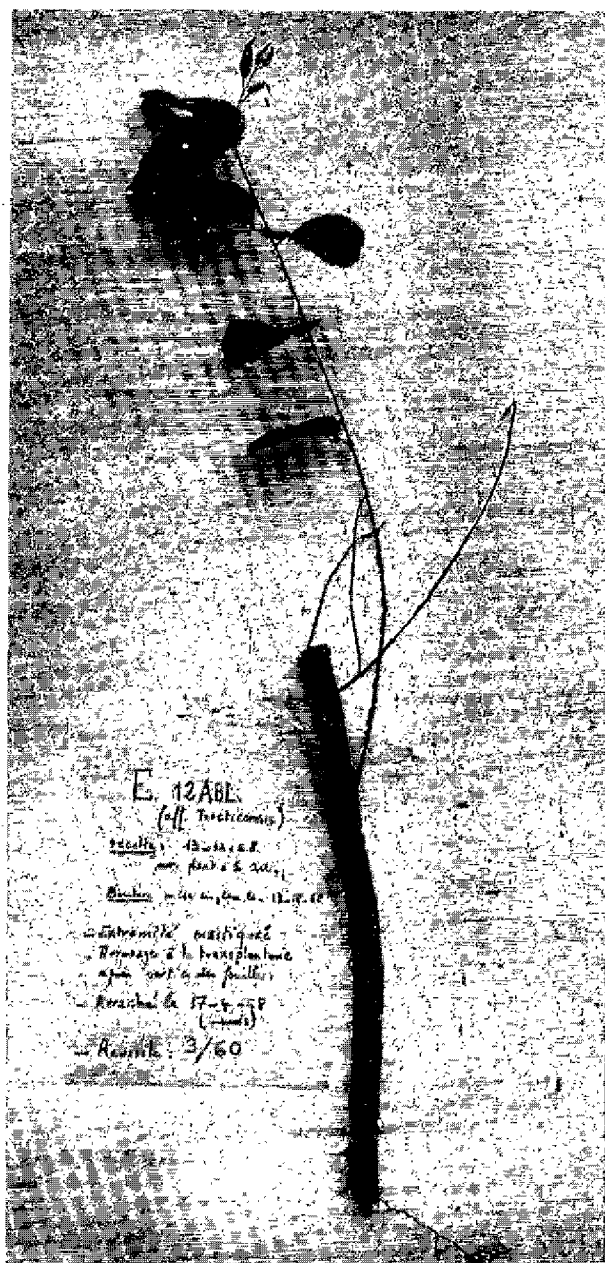




Photo Quillet.

*Aspect du développement de l'appareil racinaire d'une bouture « ligneuse »
20 mois après la mise en place. Système uniquement traçant.*

Nous avons également remarqué le rôle important des stimulations hormonales et en particulier

de l'action positive des exubérones en poudre du commerce.

LES ESSAIS DE 1970

Tous les essais tentés en 1970, que ce soit sur *Eucalyptus*, *Limba* et *Okoumé*, se sont soldés par des échecs.

Ayant abandonné complètement la bouture « ligneuse », la bouture herbacée nous a conduits à installer un appareil à brouillard artificiel dont on trouvera la description plus loin et dont la mise au point a été longue.

Le matériel à bouturer était le plus souvent du matériel plus ou moins âgé, en tout cas peu ou non acuté.

Les conclusions de ces échecs sont les suivantes :

De très nombreux facteurs sont à prendre en considération : lumière, état sanitaire, substrat, pots, période de nébulisation, température, courants d'air, âge des arbres à bouturer, type et situation végétative des boutures.

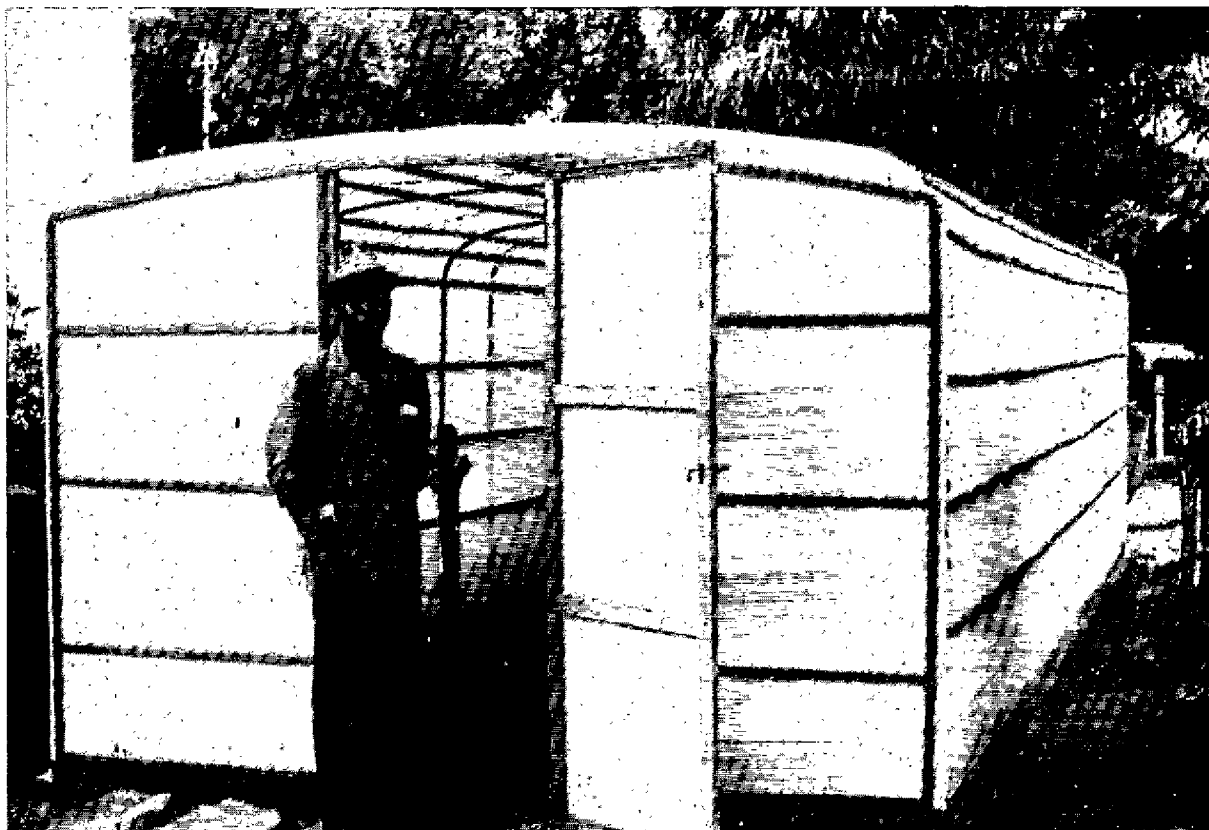
En juillet 1970, nous avons effectué une visite à l'I. R. T. de Tunis, où M. FRANCKET, généticien, nous a donné des conseils.

LES ESSAIS DE 1971

En 1971, il a été décidé de fabriquer une serre afin d'étudier l'action combinée de la température et de la lumière. La recherche du matériau a été longue. Nous avons finalement adopté les panneaux « Rhovyl » de couleur blanche, qui cons-

tituent un bon isolant et jouent de plus le rôle de diffuseurs de lumière.

La serre n'a été construite qu'en fin d'année et les premiers essais n'ont été dépouillés qu'au début de l'année 1972.



La serre en Rhovyl installée à Pointe-Noire en 1971.

Photo Quillet.

LES ESSAIS DE 1972

L'allure générale de la serre est donnée par la photographie ci-dessus. On a recouvert une charpente très légère, en bois surmontée d'arceaux métalliques, par des bandes de Rhovyl soutenues par des lattes boulonnées. La serre était entièrement fermée et la température intérieure était nettement plus élevée (2 à 3 °C de plus qu'à l'extérieur). L'humidité y était de 100 % et la lumière était parfaitement diffuse. La porte étant fermée, aucun mouvement d'air n'était perceptible; le Rhovyl étant poreux ne s'opposait cependant pas aux échanges gazeux.

En nous servant des données recueillies à Tunis et en utilisant cette serre, nous avons obtenu, en début d'année, de bons résultats sur *Eucalyptus* « 12 ABL » (af. *tereticornis*), sur *E. platyphylla* « F1 » (hybride *urophylla* × *alba*) et sur *Limba* (*Terminalia superba*).

Expérience permettant de définir le substrat et le type de bouture à prélever pour E. 12 ABL.

Nos recherches ont été orientées dans 3 directions : (substratum, type de bouture, stimulation hormonale). Le matériel utilisé était, soit des jeunes rejets, soit des jeunes plants. Nous avons finale-

ment adopté la conception de M. FRANCKET : rajeunissement, puis multiplication.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau de la p. 47.

L'expérience acquise depuis ce premier essai nous permet d'en tirer deux sortes de conclusions.

Conclusions générales valables :

— La bouture d'élément herbacé donne de bons résultats.

— La terre très sableuse est un mauvais substrat. Elle entraîne la pourriture et la mort d'un grand nombre de boutures dont les tissus sont tendres (non aoûtés).

— Chez le Témoin sans hormone, les parties terminales se bouturent mieux que les sections.

— L'action des hormones est supérieure dans la terre noire, très humifère (moins de lessivage).

Conclusions trop hâtives, applicables à cette expérience seulement.

— Les hormones sont sans action ou inhibitrices.

— Le meilleur résultat est obtenu par le Témoin sur un substrat de sable très grossier.

Nature du substrat	Type de bouture	Témoin	Traitements hormonaux		
			Exubérone P	Exubérone V	Exubérone W
Sable de mer très grossier	Terminales	8/8	1/8	2/8	2/8
	Sections	7/8	2/8	1/8	0/8
Terre très sableuse	Terminales	5/8	0/8	0/8	1/8
	Sections	1/8	0/8	0/8	0/8
Terre noire humifère très acide (Papyrus)	Terminales	4/8	4/8	3/8	4/8
	Sections	2/8	7/8	4/8	3/8
Moyenne par traitement		27/48	14/48	10/48	10/48

-- Les parties terminales des tiges sont plus aptes à l'enracinement que les sections.

En fait, ces dernières conclusions n'ont pas résisté aux expériences ultérieures. Les résultats étaient donc entachés d'erreurs du fait des facteurs très variés entrant en jeu, de la présence d'une serre et surtout des conditions assez éloignées des conditions optimales de bouturage.

Par la suite, ces résultats ne se sont pas renouvelés pour les deux raisons suivantes :

1. -- La serre s'est rapidement salée et est devenue trop sombre.
2. -- Les champignons et les algues ont foisonné.

On a donc dû changer le dispositif de la façon suivante :

- Suppression du Rhovyl et bouturage sans protection.
- Traitement généralisé, préventif et curatif, au Benlate.

Le Benlate est un produit fongicide très efficace. Il permet de retarder l'apparition des champignons et ensuite d'enrayer radicalement les attaques. Le traitement préventif s'est fait en trempant les boutures dans une solution à 0,5 g par l avant la mise sous nébulisation.

Essai de définition des stimulations hormonales à appliquer à partir d'essais effectués sur des jeunes E. 12 ABL.

Les conclusions ont été les suivantes :

-- Il est inutile de pratiquer des fentes à la base des jeunes boutures, les racines se produisant au-dessus de la base.

-- Les traitements hormonaux à retenir sont :

- Acide Indolyl Butyrique concentré (10 mg/ml d'alcool à 50 %, temps de trempage : 10 s).

-- Exubérone liquide pure, temps de trempage : 10 s.

-- Exubérone en poudre W.

-- Ne pas appliquer de traitements hormonaux sur les boutures terminales.

Bouturage de jeunes plants d'E. « PF1 » sélectionnés, numérotés de 1 à 50.

Les conditions de bouturage ont été les suivantes :

- pas de serre,
- pas de protection,
- nébulisation complète, nuit et jour,
- fertils-pots 6 x 6 x 6 cm,
- sable de mer très grossier,
- traitement au Benlate une fois par semaine avec une solution à 0,3 grammes par litre.

Dans cette expérience dont on pourra lire les résultats détaillés sur le tableau de la p. 48, le problème avait été étudié sous deux angles : aptitude individuelle au bouturage et action des hormones.

Les résultats montrent une action positive des trois stimulations hormonales essayées et, de plus, mettent en évidence des différences individuelles très nettes quant à l'aptitude des souches d'E. PF1 au bouturage :

Les 5 n° 9, 15, 27, 34 et 35 n'ont donné que des résultats négatifs,

les 3 n° 13, 41 et 42 n'ont donné que des résultats positifs.

C'est l'acide Indolyl butyrique qui a donné les meilleurs résultats (augmentation de 12,5 % du nombre des réussites). Puis, vient l'Exubérone liquide pure : (+ 10 %). Enfin, l'Exubérone en poudre W n'a donné que 5 % de plus de réussite que le Témoin sans hormone.

Ces chiffres, en fait, sont difficilement généralisables. L'emploi efficace des hormones varie, en effet, dans de très fortes proportions selon le niveau végétatif des boutures. Ici, il s'agissait de jeunes plants de 50 à 60 cm de haut.

Numéros des plants	N°	Témoin sans hormone Nombre de réussites sur 4 boutures	Traitement hormonal Nombre de réussites sur 4 boutures	Total Nombre de réussites sur 8 boutures
Nos 1 à 20 Acide indolyl butyrique concentré	1	2	1	3
	2	0	3	3
	3	2	2	4
	4	1	3	4
	5	1	0	1
	6	0	1	1
	7	1	1	2
	8	2	1	3
	9	0	0	0
	10	2	4	6
	11	1	2	3
	12	2	1	3
	13	4	4	8
	14	1	1	2
	15	0	0	0
	16	1	0	1
	17	1	0	1
	18	0	4	4
	19	0	1	1
	20	0	2	2
Totaux		21/80	31/80	52/160
Nos 21 à 35 Exubérone liquide pure	21	1	3	4
	22	1	3	4
	23	0	4	4
	24	1	0	1
	25	1	2	3
	26	1	0	1
	27	0	0	0
	28	2	1	3
	29	0	4	4
	30	2	2	4
	31	2	2	4
	32	1	1	2
	33	2	0	2
	34	0	0	0
	35	0	0	0
Totaux		14/80	22/80	36/160
Nos 36 à 50 Exubérone W en poudre	36	1	2	3
	37	3	4	7
	38	2	2	4
	39	1	0	1
	40	3	3	6
	41	4	4	8
	42	4	4	8
	43	3	2	5
	44	1	1	2
	45	2	2	4
	46	2	2	4
	47	0	1	1
	48	2	2	4
	49	3	4	7
	50	1	1	2
Totaux		32/80	34/80	66/160

L'action de l'acide Indolyl butyrique est :

- positive pour 8 n^{os} (40 %),
- nulle pour 6 n^{os} (30 %),
- négative pour 6 n^{os} (30 %).

L'action de l'Exubérone liquide est :

- positive pour 5 n^{os} (33 %),
- nulle pour 6 n^{os} (40 %),
- négative pour 4 n^{os} (27 %).

L'action de l'Exubérone en poudre W est :

- positive pour 4 n^{os} (27 %),
- nulle pour 9 n^{os} (60 %),
- négative pour 2 n^{os} (13 %).

Les différentes hormones ont des actions différentes. L'acide Indolyl butyrique est l'hormone qui donne les meilleurs résultats mais c'est celle qui provoque le plus de mortalité. L'Exubérone W n'est efficace que sur des boutures arrivées au niveau végétatif optimum. L'Exubérone liquide pure a une action intermédiaire.

Le traitement au Benlate s'est révélé très effi-

cace. Le matériel mis en place était bon ; 15 jours après le début de l'expérience, la prédisposition générale à l'enracinement était excellente mais elle a été freinée par des éléments contraires, difficiles à déceler. Le résultat final a été de 154 enracinements sur 400 boutures, soit 38,5 % de réussite.

A la suite de cette expérience, il a été décidé :

- de couvrir les bacs par un matériau permettant d'éviter les coups de soleil tout en laissant passer le maximum de lumière,
- d'arrêter la nébulisation la nuit, de façon à favoriser les échanges gazeux.

C'est ainsi que nous sommes parvenus au début de 1973, à une technique qui, bien qu'étant loin d'être complètement au point, permet de réaliser des expériences dont les résultats sont fiables et qui vont permettre de dégager des conclusions générales.

Définissons au préalable les caractéristiques du dispositif de bouturage utilisé à Pointe-Noire ainsi que la conception du bouturage qui sert de guide à nos expérimentations.

MILIEU DE BOUTURAGE

GÉNÉRALITÉS

Il est intéressant de noter, au préalable, les données climatiques de la Station Météorologique de Pointe-Noire fournies par le tableau ci-dessous.

Les essais de 1969, nous ont orientés vers la bouture herbacée.

Les essais de 1970, 71 et 72 ont permis de définir le milieu de bouturage.

Actuellement, ce milieu est défini principalement par les variables suivantes :

ÉLÉMENTS DU CLIMAT DE POINTE-NOIRE
Moyennes sur 10 ans établies par le Service Météorologique du Congo

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total moyenne annuelle
Température moyenne sous abri ° Celsius	26 ^o ,3	26 ^o ,4	26 ^o ,9	26 ^o ,8	25 ^o ,8	23 ^o ,0	21 ^o ,4	21 ^o ,9	23 ^o ,4	25 ^o ,0	25 ^o ,7	25 ^o ,9	24 ^o ,9
Pluviométrie en mm	214,6	231,2	264,0	225,4	88,5	0,7	0,6	1,0	9,4	94,9	191,2	147,8	1.469,3
Hygrométrie Maxi. Moyen...	96,4	96,5	96,8	97,0	97,2	97,1	97,5	96,3	95,3	94,4	95,2	96,4	96,3
Hygrométrie Mini. Moyen. %	68,1	67,3	65,5	66,9	69,2	64,6	63,2	64,0	65,3	68,1	69,4	68,2	66,7
Hygrométrie moyenne $\frac{\text{Mini.} + \text{Maxi.}}{2}$	82,2	81,9	81,1	81,9	83,2	80,8	80,3	80,1	80,3	81,2	82,3	82,3	81,5
Saisons	Saison des pluies					Saison sèche ou					Saison des pluies		
	ou Saison chaude					Saison fraîche					ou Saison chaude		

HUMIDITÉ.

Ce facteur est déterminant. L'atmosphère entourant les boutures doit toujours être à 100 % d'humidité afin de réduire au maximum les pertes par évapo-transpiration. De plus, il convient d'assurer une imbibition quasi permanente des tissus de façon à alimenter la bouture et à lui assurer une turgescence permanente.

LUMIÈRE.

Ce facteur est également primordial. Le dispositif devra donc assurer aux boutures le maximum d'éclaircissement de façon à favoriser au mieux la photosynthèse.

Il faudra cependant veiller à éviter les coups de soleil très préjudiciables aux tissus tendres.

VENTILATION.

Il est important d'assurer au dispositif une bonne ventilation naturelle de façon à oxygéner convenablement les tissus.

ETAT SANITAIRE DE L'ENSEMBLE.

Le milieu doit être le plus sain possible ; c'est-à-dire, avant tout, très propre et entretenu de façon permanente pour éviter et enrayer toute attaque d'origine fongique. Les traitements sont indispensables.

TEMPÉRATURE.

La température est un facteur très important, difficile à mesurer. Il semble que la température

optimale se situe entre 25° et 30°. En dessous de 25°, il faut réchauffer le substrat ; c'est ce qui est réalisé en Europe par les horticulteurs dans les serres à bouturage sous nébulisation.

SUBSTRATUM.

Il doit être très filtrant et n'a pas besoin de contenir d'élément nutritif étant donné la rapidité de bouturage. Il vaut mieux penser à une alimentation par les feuilles (engrais foliaire).

Le drainage maximum est obtenu en suspendant des bacs de 10 cm de profondeur environ et remplis d'un mélange de sable très grossier et de gravier. Nous allons passer en revue ces divers points.

HUMIDITÉ.

L'humidité de 100 % est maintenue grâce à un appareil à nébulisation artificielle appelé couramment « Equipment mist ».

Principe.

Le principe est très simple. Une rampe, comportant des asperseurs distants de 1 m environ, est alimentée par de l'eau sous pression (1,5 à 3,5 kg/cm²).

Les jets sont très fins et dirigés tous azimuts. Ils donnent l'effet d'un brouillard lourd, qui descend lentement vers le sol. Une vanne électrique commandée par une boîte programme, règle la durée et la fréquence des aspersions.

Schéma général.

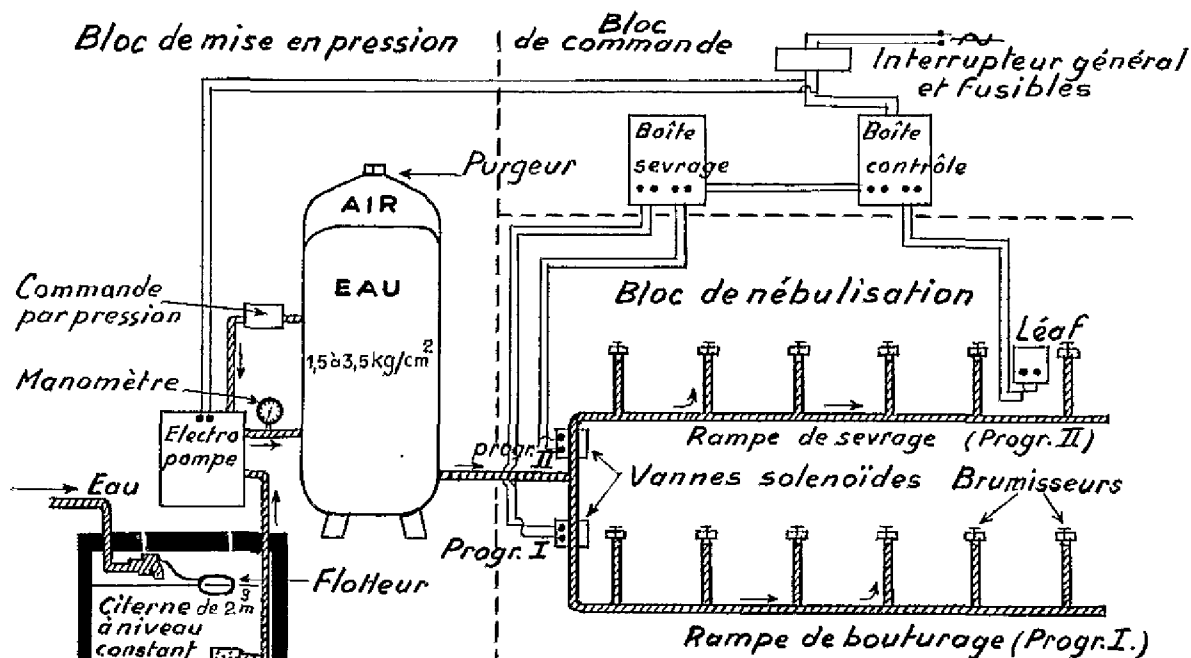


Schéma général de l'appareillage à Nébulisation (Equipment MIST)

On distingue 3 parties :

- - 1 bloc de mise en pression qui comprend :
 - 1 surpresseur d'eau,
 - 1 citerne à niveau constant,
- - 1 bloc de nébulisation qui comprend :
 - 2 rampes indépendantes avec des asperseurs ou « brumisseurs » tous les mètres,
- 1 bloc de commande qui comprend :
 - 1 interrupteur général et des fusibles,
 - 1 boîte de sevrage avec prise d'humidité (Mist Control Unit),
 - 1 boîte de contrôle principal qui commande 2 vannes solénoïdes.

LE BLOC DE MISE EN PRESSION. Il n'est indispensable que si l'on ne dispose pas d'eau sous une pression moyenne de 2 à 2,5 kg. Ce qui est très fréquent dans les stations d'essai et a fortiori sur les chantiers de reboisement.

Le surpresseur d'eau comprend un réservoir sous pression éprouvé à 10 kg, alimenté par une pompe électrique commandée automatiquement par la pression du réservoir. Il est souvent nécessaire d'installer une citerne (2 m³ pour un réservoir de 200 l dans le cas de l'installation de Pointe-Noire où la source d'eau est la concession urbaine). Le niveau de la citerne est maintenu constant, automatiquement, par un robinet muni d'un flotteur.

Ce système est très simple et ne nécessite que peu d'entretien. Il est nécessaire cependant de disposer d'une source d'énergie électrique suffisante. Un chantier de reboisement devrait donc, dans ce cas, disposer d'un groupe électrogène proportionné à ses besoins et fonctionnant le jour.

Le réglage du volume d'air situé à la partie supérieure du réservoir se fait au moyen d'un purgeur. Un matelas d'air insuffisant provoque une cadence de pompage trop rapide, ce qui est inacceptable.

A Pointe-Noire, la pression oscille entre 1,5 et 3,5 kg/cm², ce qui est un peu faible.

LE BLOC DE NÉBULISATION comprend 2 rampes indépendantes, l'une servant au bouturage proprement dit et, l'autre, au sevrage des plants bouturés.

Chaque rampe est munie d'asperseurs ou « brumisseurs » distants de 1 m environ. De conception très simple, ils sont efficaces. La meilleure disposition est de faire passer dans le sol le conduit principal et d'installer des dérivations verticales de 1 m 80 de haut environ, au bout desquelles sont vissés les asperseurs.

LE BLOC DE COMMANDE. C'est lui qui impose à chaque rampe son rythme propre de nébulisation.

L'installation de Pointe-Noire est un système MAC PENNY'S conçu par les horticulteurs anglais.

Pour le bouturage proprement dit, la cadence est de 6 aspersions de 8 secondes par minute. Ce programme est dicté par une boîte dite de « contrôle

principal ». Les seules pannes enregistrées avec cette boîte sont des usures des contacts qui peuvent être réparées au fer à souder électrique.

Pour le sevrage, il existe une boîte de sevrage appelée « WEANER UNIT » qui peut faire passer la cadence d'aspersion de 6 coups/mn à 3, 2, 1 coup/mn jusqu'à 1 coup toutes les 2 minutes, soit un arrosage 12 fois moins important qu'en bouturage.

Ensuite, pour durcir les plants, il est nécessaire d'utiliser « la feuille électronique » (« LEAF ») qui contrôle les intervalles entre les aspersions d'eau. Le « leaf », selon sa position par rapport aux asperseurs, réduit plus ou moins la durée d'aspersion. Dès que le « leaf » est humide, le contact est mis et la vanne se ferme. Dès que le « leaf » est sec, le contact est rompu et la vanne s'ouvre.

On peut réduire les cadences d'aspersion à 1 coup toutes les 15 minutes ; ce qui correspond, du point de vue quantité d'eau journalière, à un arrosage classique.

L'interrupteur se compose d'un électro-aimant actionnant une roue dentée et on constate les deux types de pannes suivants :

- bobine grillée,
- - usure des dents des pignons.

Il faut donc veiller à avoir des pièces de rechange et apprendre à réparer les pièces détériorées (rembobinage et soudure électrique).

Emploi.

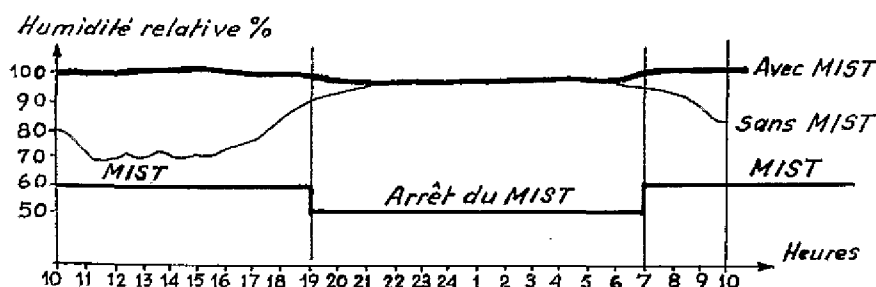
En principe, le rôle du « mist » est d'assurer en permanence une fine pellicule d'eau à la surface des feuilles ce qui réduit l'évaporation et la température des tissus végétaux. Il est donc possible d'opérer en plein soleil sans aucun ombrage, au moins dans les pays tempérés. Les tissus présentent une turgescence importante et sont le siège d'une assimilation chlorophyllenne maximale. Ainsi, les racines ne se forment pas uniquement au détriment des matières alimentaires stockées dans les tissus et il n'y a théoriquement pas d'arrêt de croissance.

En ce qui concerne la rampe de bouturage, le programme de déclenchement des aspersions dépend des conditions climatiques locales (écart de température entre le jour et la nuit, hygrométrie de nuit et de jour, nébulosité, température ambiante, etc...). On pourra également changer légèrement le programme en fonction de l'espèce à bouturer et du niveau végétatif des boutures.

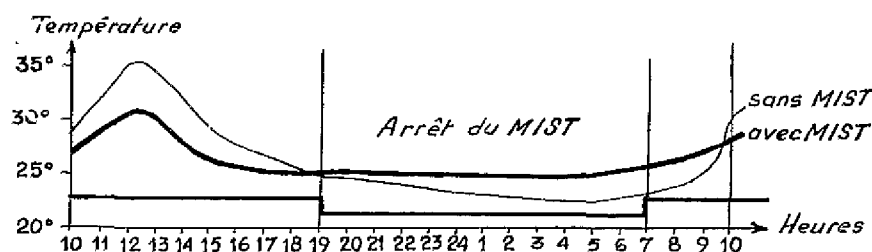
Pour le réglage du « misting » à Pointe-Noire, les deux éléments importants du climat sont : les variations journalières de l'hygrométrie et de la température.

Les deux graphiques suivants illustrent assez bien les données moyennes du lieu de bouturage.

Etant donné la très forte hygrométrie régnant la nuit à Pointe-Noire (95 %) et le fait que le



Evolution journalière de l'hygrométrie à Pointe-Noire dans les conditions naturelles et sous MIST



Evolution journalière de la température à Pointe-Noire dans les conditions naturelles et sous MIST

feuilles doivent tout de même respirer, le programme de bouturage adopté est le suivant :

- 7 h à 19 h « mist » à 6 coups de 8 s par mn.
- 19 h à 7 h arrêt complet de la nébulisation,

Dans ces conditions, l'enregistrement de l'hygrométrie journalière au niveau des bacs à bouturage est conforme au schéma précédent. L'hygrométrie sous nébulisation est égale à 100 % pendant la durée du jour (de 7 h à 19 h). Pendant la nuit, l'arrêt du brouillard fait diminuer légèrement l'hygrométrie (5 % maximum). La température est atténuée le jour (baisse de 3 ou 4°), un peu moins basse la nuit (+ 1 à 2°).

Pour le sevrage, de nombreux tâtonnements ont permis d'adopter le programme suivant, mal suivi en 1973 du fait des pannes de la boîte de sevrage :

Réduction par la boîte « Weaner Unit »

- 1^{er} jour : 2 coups/mn
- 2^e et 3^e jour : 1 — —
- 4^e jour : 1 — 2 —

LUMIÈRE

A Pointe-Noire, la luminosité varie au cours de l'année principalement entre la saison sèche et la saison des pluies.

La saison sèche qui dure de la fin du mois de mai à la fin du mois d'octobre, soit 5 mois, est une saison plus fraîche et beaucoup moins ensoleillée, elle correspond à l'hiver de l'hémisphère sud. Le temps

Réduction par le « Leaf »

- 5^e jour : 1 coup/5 mn
- 8^e jour : 1 — /10 —
- 7^e jour : 1 — /15 —
- 3^e jour : arrosage normal

Données pratiques.

Une seule boîte peut agir sur de nombreuses rampes puisque la commande ne consiste qu'à faire passer ou non un courant électrique dans une vanne actionnée par un électro-aimant (vanne solénoïde).

De même, il suffit d'un seul « leaf » pour commander toute une batterie de rampes de sevrage.

A Pointe-Noire, le système fonctionne presque de façon continue depuis 3 ans. Mis à part les pannes de courant, seule la boîte « Weaner Unit » est

tombée en panne 3 ou 4 fois pour les raisons indiquées plus haut.

La consommation d'eau est de 1,1 m³/24 h pour 5 asperseurs en programme de bouturage avec arrêt la nuit.

Dans le cas où l'eau n'est pas gratuite et où l'évacuation peut poser des problèmes (cas de Pointe-Noire), on peut facilement installer un système de récupération (retour à la citerne).

A Pointe-Noire, on économise ainsi 38 % de la consommation, soit 0,425 m³ par 24 h. La consommation réelle pour 24 h et par asperseur n'est donc que de 675/5 l = 135 l.

La surface balayée par un asperseur, dans le cas de l'installation de Pointe-Noire, est de 1 m × 1,50 m soit 1,5 m². Il est possible d'agrandir cette surface à 1,50 m × 1,50 m = 2,25 m², avec une pression moyenne voisine de 4 kg (La pression normale d'utilisation d'un tel dispositif est de 3,5 à 4,2 kg/cm²).

est presque toujours couvert. L'hygrométrie reste importante (de l'ordre de 80 %) mais il ne pleut pas. La température est assez élevée (22°).

C'est à cette époque de l'année que correspondent les travaux de pépinière, ce qui serait également le cas pour le bouturage, les plants devant être bons à mettre en place entre le 1^{er} et le 30 novembre.

Les expériences de 1971 et 1972 ont montré clairement que l'exposition des boutures à la lumière devait être maximale pour obtenir des enracinements dans des proportions acceptables.

La meilleure solution consiste donc à ne pas disposer d'écran au-dessus des boutures.

Si cette solution remarquable par sa simplicité est la seule retenue dans les installations des pays tempérés, il faut, au Congo, être plus réservé car on a remarqué des coups de soleil parfois violents sur le feuillage jeune, même sous une nébulisation abondante. Le symptôme étant un rougissement important des feuilles ; ce qui stoppe la photosynthèse, prédispose les feuilles à des attaques fongiques et provoque finalement leur chute précoce.

Il s'agit donc de trouver un matériau laissant passer le plus de lumière possible, tout en supprimant les coups de soleil. Il est également important que ce matériau ne soit pas étanche. Il doit également briser la force des pluies lors des expérimentations en saison des pluies.

On a essayé le paillason Rhovyl de Rhône Poulenc Textiles. Ce matériau est excellent lorsqu'il est neuf et quand on l'utilise en pleine saison chaude. En effet, il joue le rôle d'un bon écran thermique tout en laissant passer une très grande quantité de lumière qu'il diffuse.

Cependant, du fait de sa grande capacité à capter les poussières, il se salit très rapidement et on ne

peut l'utiliser plus d'un à deux mois. D'autre part, il n'est pas lavable. Ce matériel a donc été abandonné.

On a essayé le filet Agrotex (Société des Textiles Industriels de la Cité-S. T. I. C.) dont les caractéristiques sont les suivantes :

N° de référence : 50 198 blanc,
Ouverture de la maille : 0,5 mm,
Poids au m² : 150 g,
Largeur : 1 m.

Il s'agit d'un filet en plastique transparent.

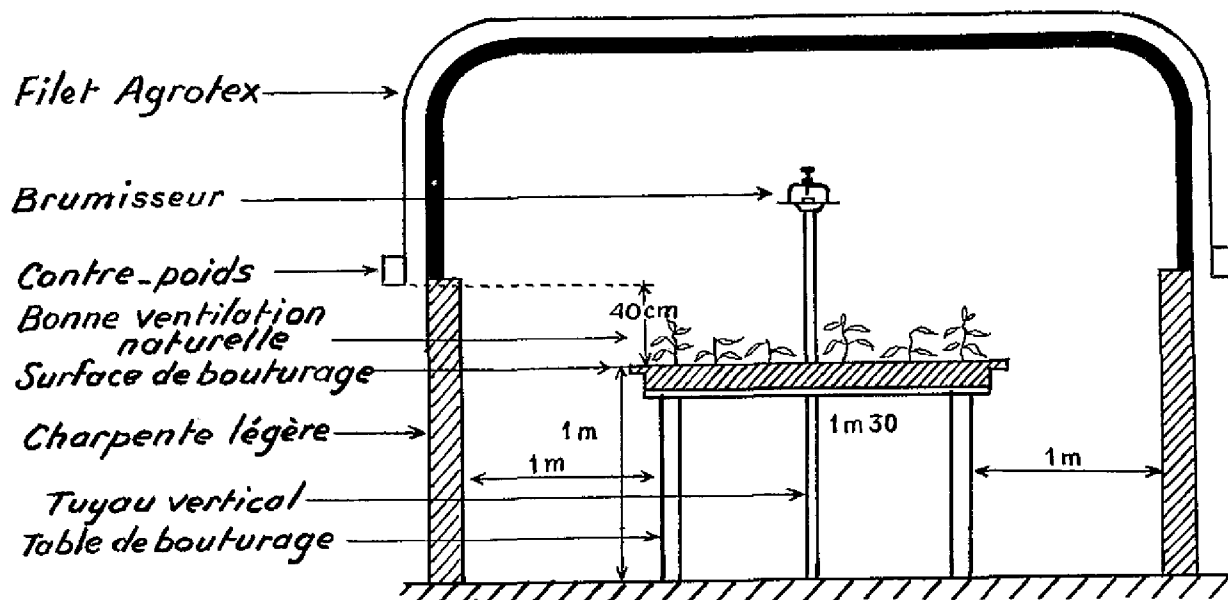
En saison chaude, il a fallu 2 couches de ce matériau pour éviter les dégâts du soleil. En saison sèche, on peut disposer une seule couche ou même supprimer la couverture.

Ce matériau est suspendu au-dessus des aires de bouturage par une charpente très légère, en bois ou en métal, facilement démontable. L'ensemble du dispositif est conforme au schéma suivant.

Le filet Agrotex est simplement posé sur la charpente et maintenu tendu par des contreponds constitués de deux lattes de bois dur. Il est donc très facile de le monter et de le démonter. Le lavage est également très facile.

Ce filet a été retenu. Il serait cependant intéressant de trouver un matériau plus isolant et meilleur diffuseur ; c'est-à-dire, se rapprochant plus du paillason Rhovyl mais dont le lavage serait possible par simple arrosage.

Dispositif général de la rampe de bouturage avec son filet protecteur.



VENTILATION

Il s'agit de laisser circuler librement l'air au niveau des boutures, ce qui est évidemment nécessaire lorsqu'il n'y a pas de toit. Deux limites sont cependant à observer :

- mettre le dispositif en plein vent, ce qui aurait pour effet de diriger le brouillard en dehors de la surface de bouturage,
- entourer le dispositif de brise-vent, ce qui

diminuerait dans de trop grandes proportions les courants d'air et la lumière, si ces brise-vent sont opaques.

Le choix du lieu d'implantation du dispositif est donc important. Terrain découvert mais à l'abri des vents (cuvette, bas-fond). On peut remédier également à l'influence néfaste des vents par

des brise-vent en tissu Agrotex de maille bien choisie, ce qui aura cependant une légère incidence sur le prix de revient des boutures.

Dans le dispositif adopté à Pointe-Noire, on a limité les retombées latérales du filet jusqu'à une hauteur de 1,40 m au dessus du sol, ce qui soumet sans limitation les boutures aux convections naturelles.

ÉTAT SANITAIRE DE L'ENSEMBLE

Cet état est obtenu avec les dispositions suivantes :

- Bonne aération.
- Entretien fréquents.
- Traitements fongicides, préventifs et curatifs.

La bonne aération est obtenue en plaçant les boutures sur une table de 1 m de haut par rapport au niveau du sol, ce qui, de plus, rend plus aisé le travail des manipulateurs et permet de contrôler l'enracinement en dessous. (Dispositif réalisé à Pointe-Noire en janvier 74.)

L'entretien est fréquent et consiste en un nettoyage du sol qui est recouvert de gravier lavé et dont le profil est calculé de façon à ce que les eaux usées soient éliminées rapidement par ruissellement. Dans les dispositifs expérimentaux, la meilleure solution consiste à adopter au sol une chappe profilée en ciment dont le nettoyage avec des produits fongicides peut être hebdomadaire. Pour une extension industrielle du dispositif, on peut, par exemple, recouvrir le sol battu et profilé d'une feuille de plastique assez résistant recouverte de gravier. Le nettoyage du sol est exécuté au moins une fois au début de chaque essai nouveau.

À Pointe-Noire, l'évacuation de l'eau usée se fait par un canal latéral qui collecte les eaux de ruissellement de toute la surface profilée du sol immédiatement sous la table de bouturage. Cette surface est recouverte d'une feuille plastique qui assainit le milieu et facilite le ruissellement.

L'entretien comporte de plus un nettoyage des tuyauteries et des « brumisateurs » (brossage et traitement fongicide).

Le traitement fongicide s'applique à toutes les installations se trouvant dans le voisinage immédiat des boutures (substrat, caissettes, charpentes, tuyaux, sol, etc...) et aux boutures elles-mêmes.

On a adopté le Viricivire concentré pour les installations et le Benlate dilué pour les boutures.

Un traitement préventif est exécuté par trempage complet des boutures dans une solution à 0,4 g par litre, avant le traitement hormonal.

Le traitement curatif est obtenu par un arrosage fin d'une solution à 0,6 g par litre. En fait, avec le traitement préventif, on supprime complètement les attaques fongiques.

Les traitements en cours de bouturage se font, de préférence, le soir afin de ne pas exposer immédiatement au brouillard les boutures traitées.

TEMPÉRATURE

Dans nos expériences, il y a deux températures importantes : celle de l'eau d'arrosage et celle de l'air ambiant au voisinage des boutures.

À la lecture des relevés météorologiques de Pointe-Noire, on peut constater que la TEMPÉRATURE MOYENNE de l'air sous abri est de 21° à 23° en saison sèche et de 24° à 27° en saison des pluies.

Du fait de la faible ombre portée par les filets Agrotex et de la nébulisation, la température de l'air ambiant, au niveau de l'aire de bouturage, oscille entre 24° et 29° en 24 h pendant la saison des pluies.

Pendant cette saison, la température de l'eau reste à peu près égale à 26° que ce soit dans la citerne, au niveau des brumisateurs ou au niveau du substrat dans lequel sont placées les boutures.

En saison sèche, cette température descend à

19/20°, ce qui est un peu défavorable à la production des racines.

Les spécialistes du bouturage nous apprennent qu'en région tempérée il est indispensable d'augmenter la température du substratum au moyen de résistances électriques. Les meilleurs résultats semblent être atteints pour des températures allant de 21 à 24 °C.

Il semble qu'en milieu tropical les plantes soient plus exigeantes en chaleur, la différence entre 26° et 20°, du milieu de culture en saison des pluies et en saison sèche, est sensible pour l'enracinement et il serait intéressant d'essayer comparativement des milieux de culture à différentes températures, 20°, 25°, 30° par exemple. Notre dispositif de Pointe-Noire ne nous a pas permis une telle expérimentation. Nous pourrions penser, soit à aug-

menter la température de l'eau, soit à installer des câbles électriques dans le substrat. Il faut remarquer que si de telles pratiques sont très intéressantes pour le Chercheur, il n'en saurait être ainsi

en cas d'extension industrielle et c'est principalement pour cette raison que nous n'avons pas cherché à réunir les moyens pour cette expérience.

SUBSTRATUM

Des expériences ont été réalisées en 1972 pour définir le matériau le plus adapté au bouturage.

Des expériences sur Limba ont montré que pour cette espèce le substratum n'était pas indispensable et que l'on pouvait obtenir un aussi bon enracinement en disposant les boutures feuillées sur de simples claies en bois ou dans des trous pratiqués dans des planches. La photo suivante illustre parfaitement ce résultat.

On remarquera l'allure rectiligne des racines qui ne rencontrent aucun obstacle.

On note cependant que très souvent les boutures sont moins bonnes qu'avec un substratum ; c'est le cas des Eucalyptus pour lesquels on constate des phénomènes de gouttière au bas des tiges. Pour le Limba, on peut obtenir d'aussi bons résultats qu'avec un milieu de culture. On remarque cependant qu'il faut calibrer et dimensionner la bouture avec précision si on veut éviter

la formation de faisceaux anormaux de racines qui ne peuvent donner naissance qu'à des plants déséquilibrés.

C'est pourquoi, nous avons adopté un substratum pour toutes nos expériences de bouturage.

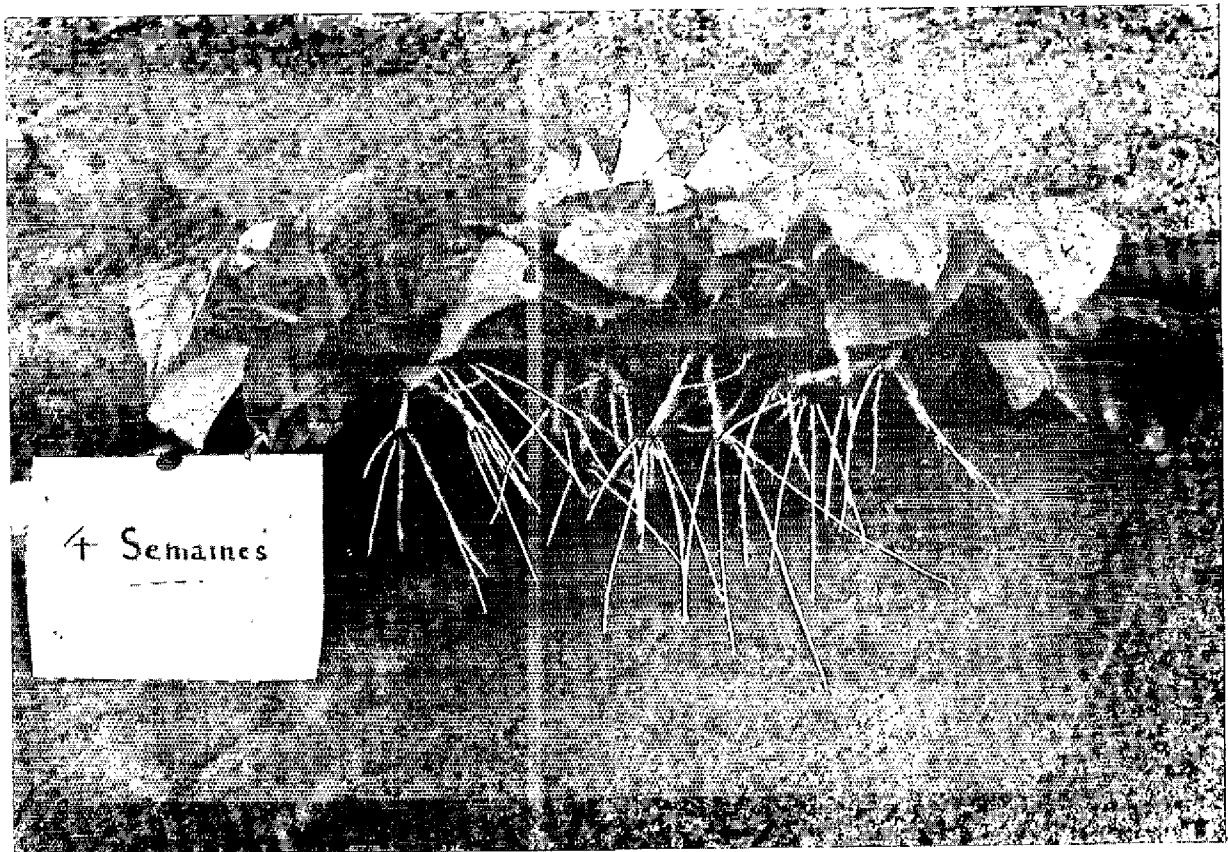
Le substratum retenu est un mélange de sable grossier et de petit gravier. Les éléments vont de 1 mm à 7 mm de diamètre.

Ce matériau est extrait de la plage de la Pointe Indienne à 20 km au nord de Pointe-Noire. Il est lavé à grande eau avant l'utilisation.

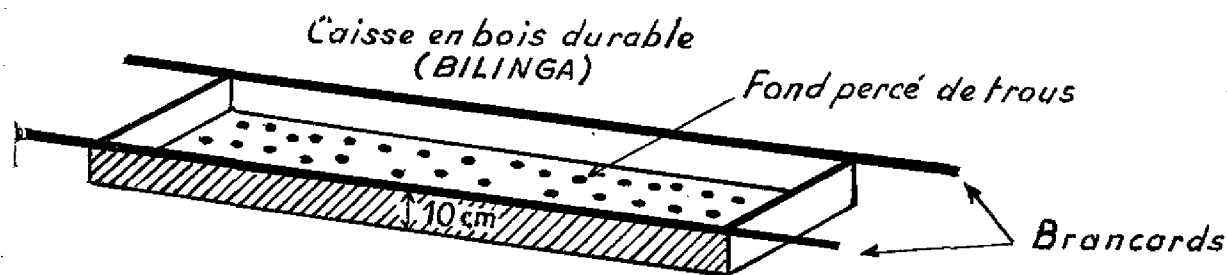
L'épaisseur du substrat doit assurer un bon équilibre aux boutures et permettre le développement des racines pendant 10 à 15 jours.

Il a été également nécessaire de définir des récipients. On en utilise de 2 types.

Godets « Fertil-pot » 6 cm × 6 cm × 6 cm, par groupe de 8, placés dans de petites claies en bois.



Boutures de Limba sans substratum. Enracinement au bout de 4 semaines de « Mist ». On remarquera l'allure rectiligne des racines qui ne rencontrent aucun obstacle.



Ces godets remplis de sable grossier sont très indiqués pour des expériences précises avec des boutures de petites dimensions (Eucalyptus par exemple). La surface accordée à chaque bouture est constante. Les racines percent facilement ces godets et il est aisé de contrôler, par en dessous, la croissance des racines sans extraire les boutures.

Pour les boutures possédant de grandes feuilles (feuilles composées de l'Okoumé par exemple), il est nécessaire d'enfoncer plus profondément la bouture de façon à assurer son maintien (les feuilles mouillées sont beaucoup plus lourdes). Une telle bouture a également besoin de plus d'espace et il est préférable de prendre des godets plus gros. On pourrait également étudier, dans le cas d'une espèce comme l'Okoumé, la possibilité de bouturer dans des pots de repiquage, en disposant une couche de sable grossier en haut et de la terre enrichie au-dessous. Ainsi, le repiquage serait supprimé et il suffirait à un moment donné de passer du programme bouturage au programme sevrage pour obtenir une croissance continue des plants.

Pour les autres espèces (Eucalyptus en particulier), il n'est pas intéressant de supprimer le repiquage car le fait de miniaturiser les boutures permet de réduire dans des proportions importantes les aires de bouturage elles-mêmes, ce qui a une importante répercussion sur le plan financier.

Caisses. — Les caisses ont les dimensions suivantes : 1,50 m × 0,49 m × 0,10 m.

La profondeur de gravier est de 9 cm environ.

Le fond est percé de trous permettant un bon

drainage. On a muni chaque extrémité de 2 brancards facilitant les manipulations.

On peut disposer les boutures en plus ou moins grande densité selon leur taille. Si des stimulations hormonales sont pratiquées à la base des boutures avant la mise en place, il est recommandé de préparer des trous au préalable dans le substratum, de façon à ne pas éliminer les poudres ou autres éléments par frottement, en enfonçant les boutures dans le milieu. On placera la bouture au fond du trou et on tassera le substrat tout autour.

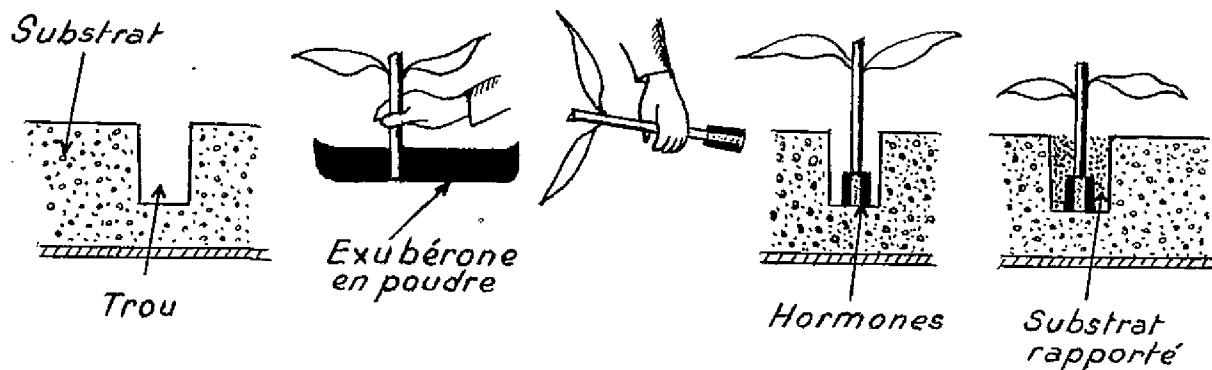
La disposition régulière des trous est obtenue par une matrice en contreplaqué ou un grillage.

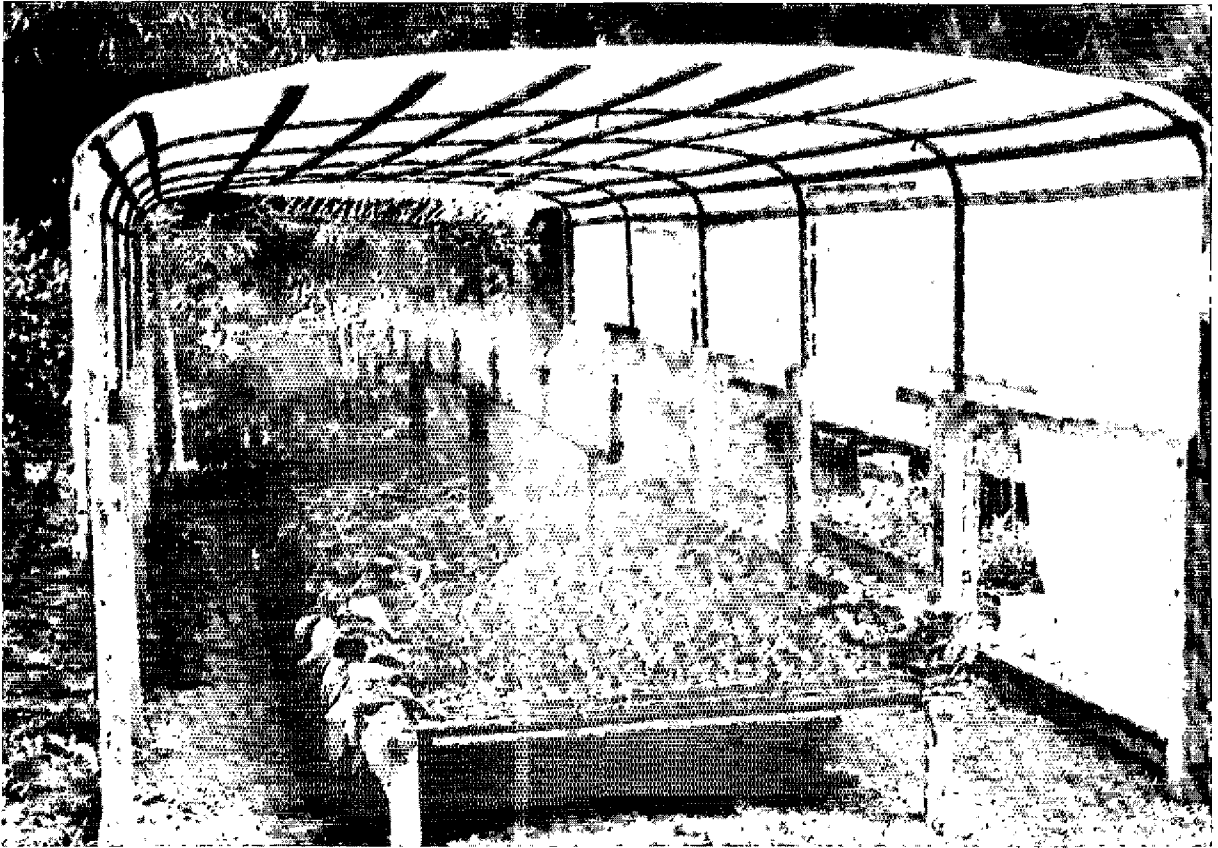
On a vu, dans le paragraphe relatif à l'état sanitaire du dispositif, que toutes les caisses et les séries de godets sont disposées à 1 m du sol sur une charpente en bois. L'ensemble est appelé « table de bouturage ».

Dans les expériences de 1973 à Pointe-Noire, la table n'était qu'à 35 cm du sol ; ce qui explique le dispositif montré par les photographies. La table a été remontée à 1 m du sol en janvier 1974.

Etant donné la dimension des éléments du substrat, sa faible épaisseur et la disposition de la table de bouturage, le drainage est excellent et il n'y a jamais de développement mycélien dans le milieu de culture. Seules, des algues apparaissent en surface surtout en fin d'expérience, entre la 3^e et la 4^e semaine de « mist ». Bien que ces algues ne gênent apparemment pas le bouturage, il serait intéressant de les supprimer. Nous ne connaissons aucun remède. Les tuyaux d'aspersion sont couverts d'algues vertes à la fin de chaque expérience

Mise en place d'une bouture avec Exubérone en poudre à la base.





Disposition générale de l'aire de bouturage.

et seul un brossage les fait disparaître. De même, le gravier est lavé à la fin de chaque expérience.

La photographie ci-dessus montre l'ensemble du dispositif de Pointe-Noire utilisé tout au long de l'année 1973.

La table de bouturage est trop basse et le tuyau d'arrivée d'eau devrait passer dans le sol ce qui empêcherait une gouttière de s'établir tout au long du grand axe du dispositif.

On remarque le toit très léger en tissu Agrotex.

(A Suivre)

