

M. Delabarre  
①

**C.S.T.C.**

**Réunion thématique : Système racinaire**

**Montpellier, le 18 Septembre 1991**

---



*Institut de Recherches sur le Caoutchouc*

*Département du Centre de Coopération Internationale  
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*

*42, rue Scheffer 75116 Paris (France) - Tél. (1) 47 04 32 15*

*Télécopie : (1) 47 27 33 66*

*Télex : 640975 Infranc Paris*

C.S.T.C.

Réunion thématique : Système racinaire

*Montpellier, le 18 Septembre 1991*

---

Etaients présents :

MM. Professeur d'AUZAC,	Président CSTC
CARRON,	IRCA
DESPREAUX,	IRCA
ENJALRIC,	IRCA
ESCHBACH,	IRCA
GENER,	IRCA
JACOB,	IRCA
JULIEN,	MICHELIN
LACOEUILHE,	Mission AGER CIRAD
LARDET,	IRCA
LECONTE,	IRCA Côte d'Ivoire
LEROUX,	IRCA Avignon
MEUNIER,	Mission MICAP CIRAD
NICOLAS,	IRCA
PAGES,	INRA Avignon
de RAISSAC,	Direction Scientifique CIRAD
SERIER,	Secrétaire CSTC
THALER,	IRCA Gabon

## SOMMAIRE

Pages :

### Exposés

◆	Méthodes d'étude du système racinaire	<i>M. PAGES</i>	1
◆	Utilisation des porte-greffes pour l'amélioration des plantes	<i>M. NICOLAS</i>	8
◆	Développement des systèmes racinaires de jeunes semis d'hévéa cultivés en minirhызotron	<i>M. LEROUX</i>	17
◆	Le système racinaire des microboutures en Côte d'Ivoire	<i>M. LECONTE</i>	25
◆	Le système racinaire de l'hévéa en Côte d'Ivoire	<i>M. KELI</i>	29
◆	Le système racinaire de l'hévéa au Gabon	<i>M. THALER</i>	34
	Discussion générale et conclusion		41

### Annexes

1. Notes préliminaires sur le système racinaire de l'hévéa.
2. Propositions de l' Université de Hohenheim.
3. Déclaration d'intention d' ATP 92.
4. Propositions du R.R.I.M.

## METHODES D'ETUDE DU SYSTEME RACINAIRE

## METHODES D'OBSERVATION

### EXCAVATIONS (destructif)

1. charpente
2. carottes, monolithes, tranchées

### RHIZOTRONS (non destructif)

1. Au champ : rhizotrons-fenêtres, tubes endoscopiques
2. Au labo : mini-rhizotrons

## MODELISATION

### L. PAGES

#### PROBLEME VASTE

Etude du développement  
Simples à mettre en oeuvre  
Adaptées aux arbres  
Qui ont fait leurs preuves  
Autres méthodes plus originales évoquées

#### METHODE SUBORDONNEE A UN OBJECTIF DONNE :

Exemple : dualité Ancre  $\leftrightarrow$  Absorption  
Question ponctuelle  $\leftrightarrow$  recherche à moyen terme  
Bien poser la question

#### PAS DE METHODE IDEALE

Combinaisons indispensables  
Avantages et inconvénients  
Domaines de prédilection

#### COUPLAGE EXPERIMENTATION - CONCEPTUALISATION

Modélisation

## EXCAVATION DU SYSTEME STRUCTURAL

### PRINCIPE

Excaver tout ou partie du système racinaire en dégagant le sol autour des racines pour préserver les branchements

### METHODES

Outils manuels ou machines

Pression d'eau, d'air, explosifs

### OBSERVATIONS ET MESURES

Croquis, photos

Géométrie système proximal (diamètres, angles)

Trajectoire de racines superficielles

Sur arbres très jeunes, ensemble du système

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Statique et destructif, pénible (racines profondes)

Vision de la structure, des branchements

Echantillonner pour excavations soigneuses

### DOMAINES DE PREDILECTION

Système racinaire proximal (ancrage)

Arbres jeunes (pépinière, effets conteneurs)

Accès à la structure (modèle d'architecture)

## CAROTTES ET MONOLITHES

### PRINCIPE

Excaver un volume de sol pour extraire et observer les racines qu'il contient

### METHODES

Délimiter volume de sol puis l'extraire

Tarières ou carotteuses

Dispersion du sol (eau, NaCl)

Extraction et tri des racines (machines spécialisées)

Variantes : méthode de la carotte cassée, "mesh-bag"

### OBSERVATIONS ET MESURES

Matières sèches (Attention !)

Longueurs, diamètres (surface d'absorption)

Techniques de mesure des longueurs

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Statique, long

Impossible quand cailloux, profondeur limitée

Accès aux racines les plus fines

Echelle de mesure et variabilité à cette échelle

Biais de la méthode (stockage, lavage des racines)

### DOMAINES DE PREDILECTION

Cartographie de la surface d'absorption dans les horizons superficiels

## TRANCHEES

### PRINCIPE

Cartographier les impacts des racines coupées par un front de tranchée

### METHODES

Front horizontal ou vertical

Grille (maille à définir)

Variantes : forme de tranchée

### OBSERVATIONS ET MESURES

Cartographie : note, nombre, taille

Etalonnage relation note - longueur

Description du milieu (structure, pédologie)

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Statique, prend du temps

Ne permet pas d'accéder aux connexions

Attention à l'anisotropie (biais)

Relation sol - colonisation

Description de la variabilité

### DOMAINES DE PREDILECTION

"Diagnostics" agronomiques

Localisation de l'absorption (précautions)

## FENETRES D'OBSERVATION

### PRINCIPE

Suivre le développement des racines poussant au contact d'une vitre

### METHODES

Tranchée proche de la verticale

Vitre contre le front

Bon contact sol - vitre

Installation de capteurs

### OBSERVATIONS ET MESURES

Dessin sur feuille transparente

Mesures de variables du milieu

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Long, demande du soin

Vision partielle des connexions

Artefacts possibles

Visibilité

Méthode dynamique

Mesures conjointes milieu et arbre

### DOMAINES DE PREDILECTION

Détermination de la phénologie racinaire dans une situation donnée

Obtenir des ordres de grandeur de dynamique

## MINI-RHIZOTRONS (Au labo)

### PRINCIPE

Suivre le développement du système racinaire de plantes en conteneurs, à travers une vitre.

### METHODES

Faire pousser la plante dans un conteneur plat et vitré (incliné)

### OBSERVATIONS ET MESURES

Dessin sur feuille transparente  
Contrôle ou mesure des conditions  
Interventions à un stade donné  
Saisie et traitement de l'information

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Artefacts possibles  
Volume restreint (jeune plante)  
Dynamique  
Contrôle des conditions  
Intervention possible  
Visibilité, connexions  
Quantité et qualité de l'information  
Variantes

### DOMAINES DE PREDILECTION

Outil de recherche (dynamique, analyse, expérimentation)  
Jeunes plantes (pépinière, screening génétique, etc.)

## AUTRES METHODES

### AU CHAMP

Tubes endoscopiques  
Traçage avec isotopes  
Mesures de capacité  
..

### AU LABO

Caissons de brumisation  
RMN  
Images neutroniques  
..

## MODELISATION

### NECESSITE DU COUPLAGE ENTRE

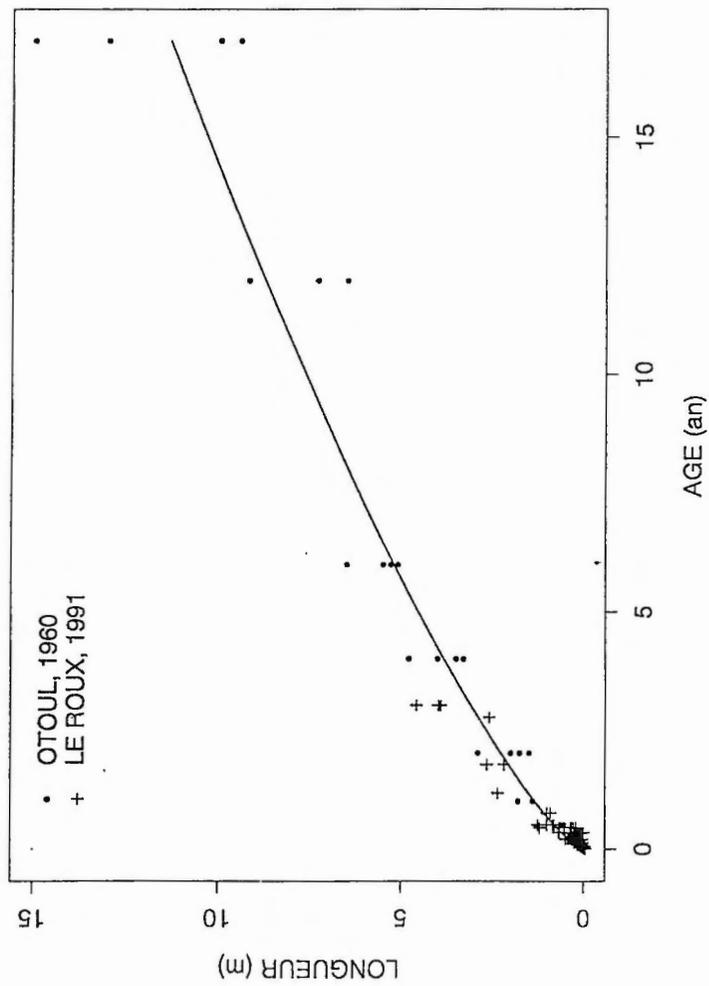
#### MODELISATION

intégration de concepts, théories  
synthèse, quantification  
poser les questions

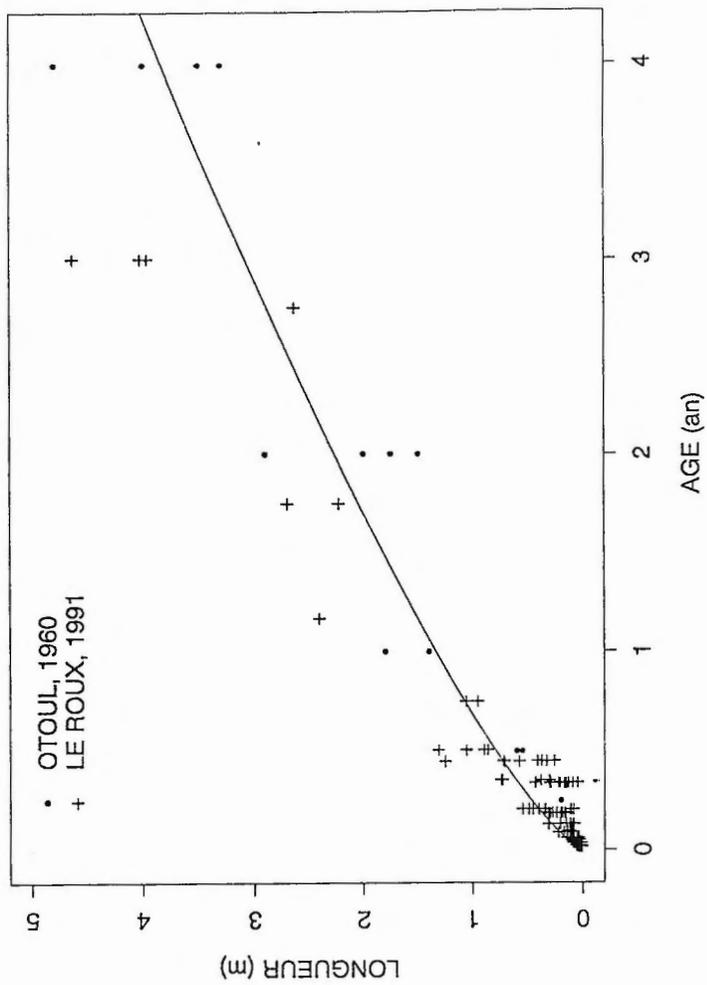
#### EXPERIMENTATION

nouvelles données  
validation d'hypothèses

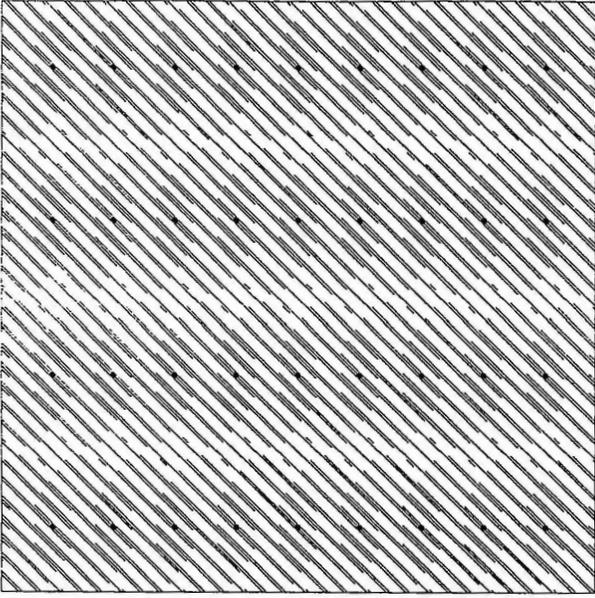
### EXTENSION DES SECONDAIRES



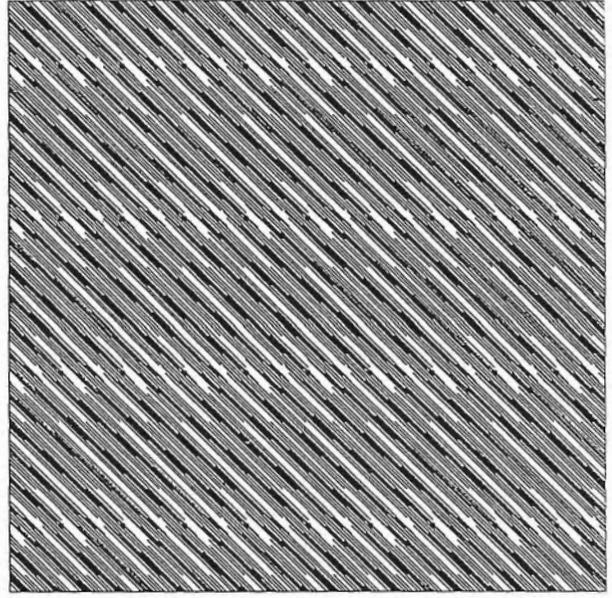
### EXTENSION DES SECONDAIRES



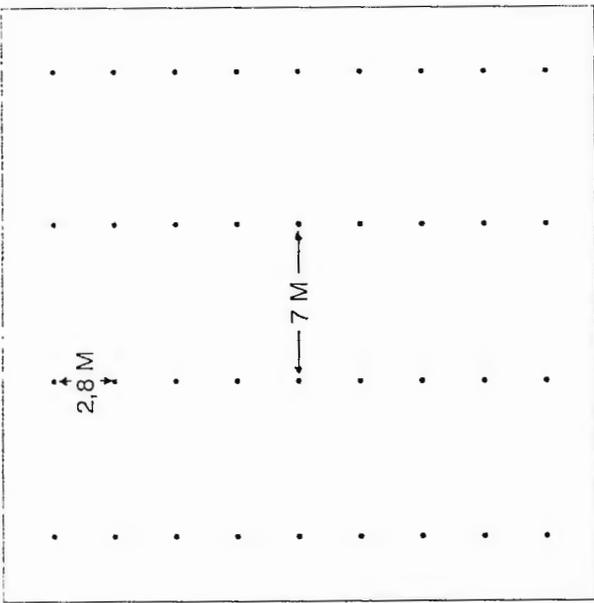
A 4 ANS



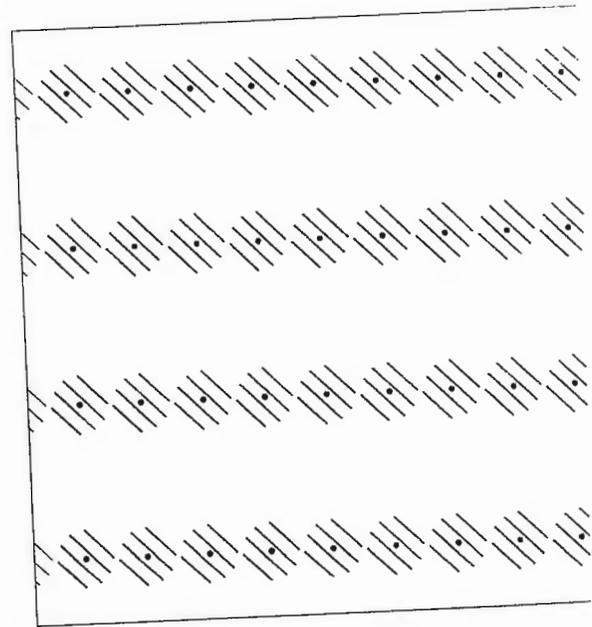
A 10 ANS



LE PEUPEMENT



A 1 AN



## CONCLUSION

DES METHODES, IL Y EN A !

critique par rapport aux intérêts et limites

contraintes liées à l'objectif  $\longleftrightarrow$  limites des méthodes

liens entre ces méthodes

BEAUCOUP DE PROGRES EN COURS

prise de vue

traitement d'image

SUPPORTS CONCEPTUELS INDISPENSABLES

théories, modèles

<p><b>Utilisation des porte-greffes</b></p> <p><b>pour l'amélioration des plantes</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------

D. NICOLAS

● **Le problème**

Alors qu'il était impossible de sélectionner un clone sur ses propres racines pour un problème bien connu de conformité clonale, cela devient possible grâce à la C.I.V.

Doit-on délibérément choisir cette option de l'arbre en une seule partie ou doit-on envisager la possibilité de compartimenter l'arbre en greffant une partie aérienne clonale sur une partie racinaire également clonale mais issue d'une sélection spécifique ?

La question est d'importance car elle peut conditionner la valorisation de la CIV et, selon la réponse, orienter la stratégie d'amélioration de façons bien différentes.

● Ce problème a été soulevé par M. WAGNER, lors de la revue externe de l'IRCA, qui nous a suggéré de prendre contact avec les chercheurs de l'INRA.

Figure No. 1

Nous avons rendu visite à des équipes de sélectionneurs très diversifiées sur les Centres de Montpellier, Bordeaux, Dijon, Orléans ; quelques discussions avec des sélectionneurs de fruitiers tropicaux ont complété cette enquête.

● La problématique pour chaque plante est très brièvement résumée dans la présentation suivante. Elle permet de fixer un tableau (No. 2) des critères de sélection pris en compte lorsqu'il s'agit de travailler sur le système racinaire et nous essayerons de tirer de cet ensemble de consultations quelques lignes générales avec lesquelles nous tenterons de résonner sur l'hévéa.

Figure No. 1

**PLANTES PRISES EN COMPTE DANS L'ENQUÊTE**

---

- **Fruitiers :** abricotier, agrumes, avocatier, cerisier, châtaignier, goyavier, manguiier, noyer, olivier, pêcher, pommier, poirier, prunier, vigne...
  
- **Petits Fruitiers :** framboisier, cassis, mûrier, myrtille...
  
- **Forêt :** chêne rouge, cyprès, épicéa, merisier, mélèze, peuplier...

◆ *Plantes pour lesquelles la multiplication végétative est uniquement assurée par le bouturage :*

- **goyavier** : le bouturage est très facile, la sélection peu avancée et aucun problème d'adaptation ou de résistance ne peut être résolu par la pratique du greffage.
- **peuplier** : le système racinaire des boutures est peu conforme mais suffisant ; pas de problèmes graves de sensibilité aux maladies de racines ; quelques problèmes d'adaptation à la sécheresse et à l'hydromorphie, liés à l'extension de la culture, trouvent leur solution dans la sélection d'arbres entiers.
- **merisier** : la voie choisie pour la multiplication végétative est celle de la CIV (arbres entiers).
- **les petits fruitiers** (cassis, framboisier, mûrier, myrtille) : le bouturage est obligatoire car ces plants rejettent de racine (drageon) et nécessitent donc un système racinaire de même génotype que l'appareil aérien (stricte obligation de l'arbre entier). Chez le framboisier, l'impossibilité de greffer oblige le sélectionneur à cumuler dans le même clone la résistance au Phytophthora de racine et les qualités de production en fruits.
- **olivier** : la partie aérienne des arbres peut être détruite par les grands gels, les racines sont elles protégées et un recépage de boutures peut permettre de récupérer la plantation. Il s'agit alors de multiplier des arbres entiers (d'autres problèmes liés aux maladies de racine compliquent ce schéma).

◆ *Plantes pour lesquelles la multiplication végétative n'est actuellement pas une priorité :*

- **chêne rouge** : jusqu'à présent, aucun clone économiquement intéressant n'existe. Pour l'amélioration, le clonage sert à l'établissement de vergers à graines (bouturage) ; pour la propagation, on envisage la CIV (embryogenèse somatique).
- **épicéa** : pour la propagation, ne sert qu'à palier la faible productivité des vergers à graines dans les climats nordiques (bouturage, greffage) ; sert à l'établissement de vergers à graines pour l'amélioration.
- **mélèze** : pour la propagation, sert à palier la dépendance vis-à-vis des pays producteurs de graines (bouturage ou greffage si les clones sont trop vieux) ; pour l'amélioration, sert à l'établissement de vergers à graines clonaux et à une précocité de floraison par greffage.

◆ *Plantes pour lesquelles la voie du greffage impliquant un plant compartimenté est délibérément retenue.*

- **abricotier** : le greffage est très ancien et surtout utilisé pour répondre à des problèmes aux sols calcaires et hydromorphes ; les nématodes provoquent de graves maladies de racines (la réponse génétique n'est cependant pas évidente). L'avis du sélectionneur : un arbre entier par CIV ? Pourquoi pas !
- **poirier** : très sensible à l'asphyxie racinaire, doit être greffé sur cognassier ; la résistance au feu bactérien serait liée au système racinaire : l'approche des sélectionneurs : continuer dans la voie du greffage.
- **châtaignier** : la redoutable maladie de l'encre due à un Phytophthora de racine a trouvé sa solution dans l'hybridation intraspécifique ; les variétés résistantes sélectionnées peuvent servir de porte-greffes ou comme arbres entiers (marcottage ou CIV), le sélectionneur n'a pas choisi.
- **vigne** : de très nombreux problèmes sont liés au système racinaire : nématodes, virus, adaptation aux sols calcaires, à la salinité, à la sécheresse, aux carences minérales .... d'après les sélectionneurs, seule l'option de la plante en 2 parties peut résoudre le problème, sachant que le système racinaire intervient dans la vigueur conférée, la phénologie et les qualités organoleptiques de l'appareil aérien.
- **olivier** : avec l'intensification des cultures, la sensibilité au verticillium devient grave ; le sélectionneur abandonne le bouturage, pourtant très utile, pour aller vers le greffage.
- **pêcher** : on recherche surtout par le greffage à s'adapter aux sols hydromorphes et calcaires. Deux programmes de sélection racines, appareil aérien sont conduits en parallèle.
- **cerisier** : on recherche des variétés de porte-greffes résistantes à l'asphyxie, des porte-greffes de griotte confèrent un anisisme intéressant.
- **prune** : on recherche avec le greffage une adaptation aux sols calcaires et hydromorphes avec en plus un problème de nématodes.
- **kiwi** : les meilleures variétés sélectionnées en Nouvelle-Zélande sont sensibles au froid en France lorsqu'elles sont cultivées sur leurs propres racines ; on les greffe sur des clones obtenus par hybridation interspécifique.

1. Tout d'abord et assez curieusement, la question **"doit-on compartimenter, si c'est possible, pour faciliter la sélection"** est apparue très originale et très pertinente. Très peu de chercheurs avaient posé le problème de cette façon.
2. A l'exception de quelques plantes pour lesquelles un nouveau développement technologique a profondément modifié les données du problème, **les sélectionneurs héritent d'une situation**. Une attitude très différente se fait sentir entre les forestiers et les arboriculteurs fruitiers.

Les forestiers pensent arbre entier, les arboriculteurs plante compartimentée. Une explication à ceci réside peut-être dans le fait que le bois était facilement transportable alors que les fruits ne l'étaient pas : les arboriculteurs devaient à tout prix produire sur les lieux de consommation et, de ce fait, devaient s'adapter à des conditions de sol ou de climat très diversifiées ; les forestiers pouvaient produire dans les zones les plus appropriées. On assisterait maintenant à un phénomène inverse, ce qui pousse les sélectionneurs des deux groupes à reconsidérer le problème.

3. Une conséquence de cet aspect historique du travail des sélectionneurs : **les arboriculteurs possèdent tout un background génétique sur les plants compartimentés et pour eux, s'orienter vers la super-plante clonale sur ses propres racines, c'est oblitérer parfois plusieurs siècles de sélection sur le système racinaire**. Ce serait repartir à la case départ. Ceci dit, ces mêmes sélectionneurs admettent voir passer dans la littérature des articles de tenants de l'arbre sur ses propres racines. Certains conflits dont on perçoit encore les traces, ont opposé au sein même de l'INRA les partisans des deux tendances. Sur ce chapitre, les forestiers ont évidemment beaucoup moins d'état d'âme.
4. D'une façon très générale, le sélectionneur, s'il n'y est pas obligé par un problème très fort, **n'aime pas trop s'attarder sur le système racinaire et lorsqu'il y est obligé, préfère le considérer comme une boîte noire**, ne travaillant en fait que sur les effets du système racinaire sur l'appareil aérien qui reste l'objet préféré de toutes les mesures et toutes les observations. Les sélectionneurs admettent cependant que cette démarche n'est pas satisfaisante.
5. Par rapport aux travaux concernant l'appareil aérien, **les approches et les résultats sur les systèmes aériens sont beaucoup moins sophistiqués**. Nous n'avons pratiquement jamais entendu parler de **déterminisme génétique, d'héritabilité, de gain génétique**. Bien souvent, le matériel végétal sélectionné, c'est quelques génotypes empiriquement retenus d'une autre espèce que celle de l'appareil aérien.

6. Enfin, pour reprendre cette notion d'espèce, le choix de l'option **arbre compartimenté** résulte souvent de l'inadaptation du système racinaire d'une espèce donnée à des conditions de culture, ce qui amène à greffer sur une autre espèce mieux adaptée.

On a souvent entendu dire que l'utilisation du greffage permettait d'aller au-delà de l'espèce ce qui, si l'on doit rester dans l'espèce, remet en question l'intérêt du greffage.

-----

Les critères de sélection relevant d'un travail sur la partie racinaire peuvent être énumérés dans la figure No. 2. Elle émane en fait de l'ensemble des problèmes qui nous ont été exposés.

Cette présentation peut être reprise pour raisonner hévéa, et ainsi faire le point sur la réflexion qui nous concerne. C'est ce qui est synthétiquement présenté dans les figures No. 3 à 7.

-----

En conclusion, et compte tenu des moyens nouveaux à mettre en oeuvre si on veut dissocier le programme de sélection en deux parties (une sélection système racinaire, une sélection appareil aérien), il ne semble pas souhaitable de lancer une telle opération sans avoir une meilleure connaissance des potentialités d'adaptation et de résistance aux maladies du système racinaire, et des interactions possibles entre les deux parties. Par contre, cette possibilité pour l'expérimentation de scinder un arbre en deux parties clonales doit être largement utilisée pour décider de l'option la plus rationnelle pour un programme d'amélioration génétique à long terme.

-----

Figure No. 2

LES CRITERES DE SELECTION

- ADAPTATION AU SOL
  - PH
  - HYDROMORPHIE
- ADAPTATION AU CLIMAT
  - SECHERESSE
  - FROID
  - VENT
- RESISTANCE AUX MALADIES
  - CHAMPIGNONS
  - BACTERIES
  - VIRUS
- EFFET SUR LA VIGUEUR
- EFFET SUR LA PHENOLOGIE

Figure No. 3

ADAPTATION AU SOL

- L'hévéa aime les sols à faible pH, mais s'adapte.
- L'hévéa est une essence peu exigeante aux conditions nutritionnelles.
- L'hévéa s'adapte mal aux sols hydromorphes, mais ce n'est pas un facteur limitant au développement de la culture.

Le clonage de la partie porte-greffe au titre de l'expérimentation ferait progresser la connaissance.

Figure No. 4

### ADAPTATION AU CLIMAT

- L'adaptation à la sécheresse passe par le développement du système racinaire (relations eau - sol - plante ).
  - Aucune donnée disponible sur l'adaptation au froid.
  - La résistance au déracinement par le vent passe par la restitution de la conformité racinaire.
- Il n'y a pas lieu d'envisager une compartimentation ; certains clones d'arbres entiers développeront un système racinaire plus vigoureux, il faudra le savoir.

Figure No. 5

### RESISTANCE AUX MALADIES

- L'incidence économique des pourridies de racine est réelle.
- Existe-t-il des facteurs de résistance génétique à ces maladies ?
- Peut-on réunir sur le même arbre les qualités du clone et la résistance aux maladies de racines ?
- Si *H. brasiliensis* ne présente pas de résistance suffisante, faudra-t-il faire appel à d'autres espèces ?

L'exemple de la vigne nous montre que la compartimentation peut être très utile.

Figure No. 6

## EFFET SUR LA VIGUEUR,

### SUR LA PRODUCTIVITE :

La question reste posée. Une solide expérimentation est nécessaire pour y répondre ; le clonage de la partie porte-greffe permettrait d'échaffauder de très beaux protocoles.

## EFFETS SUR LA PHENOLOGIE

Permettrait d'envisager une solution originale à l'esquive vis-à-vis des maladies de feuilles si le porte-greffe à une influence sur la date de défoliation.

Figure No. 7

## CONCLUSION

- Sélectionner sur la partie porte-greffe nécessaire de dissocier le programme d' Amélioration de l'hévéa.
- Dans le cadre d'une réflexion sur les 5 années à venir, il convient d'augmenter les connaissances pour évaluer l'intérêt d'une telle opération et définir un idéotype racinaire.
- Rendez-vous pour le plan suivant.

**Développement du système racinaire de jeunes semis  
d'hévéa cultivés en minirhizotron**

Y. LE ROUX

**PLAN**

**Introduction**

- Problématique agronomique
- Présentation des objectifs de la thèse

**A. Matériels et Techniques**

- A.1 Matériel Végétal
- A.2 Techniques d'études du système racinaire
- A.3 Culture en minirhizotron et Exploitation des données

**B. Résultats et Discussion**

- B.1 Morphologie du système racinaire
- B.2 Croissance de la tige
- B.3 Croissance du pivot
- B.4 Ramification du pivot
- B.5 Croissance des racines secondaires

**C. Présentation de la mission en Côte d'Ivoire et**

**Conclusion**

**Problématique agronomique**

**Pourquoi étudier le système racinaire de l'hévéa ?**

Aire naturelle = forêt pluviotropicale, climat équatorial (Amazonie)

Aire de culture = zone à régime climatique subtropical (Afrique Asie)

**Définitions de nouveaux rapports sol /plante impliquant  
certaines contraintes agronomiques**

**1. Problème de l'alimentation hydrominérale**

nutrition hydrique : milieu drainant rétention d'eau faible climat sec.  
nutrition minérale : sols pauvres en éléments minéraux.

**2. Problème de l'ancrage de l'arbre au sol.**

**LA COMPREHENSION DES RAPPORTS SOL / PLANTE  
NECESSITE L'ETUDE DU SYSTEME RACINAIRE**

## LE MATERIEL VEGETAL

*Hevea brasiliensis* (Muell. Arg., euphorbiacée)

Jeunes Semis issus de graines GT1 "illégitimes"

### Objectif de la thèse

Caractériser la mise en place du jeune système racinaire de l'hévéa et modéliser son architecture

## 1. Caractérisation de l'architecture du système racinaire

*Définition de la séquence de différenciation au cours de l'ontogénèse*

*Détermination des types de racine apparaissant lors du développement*

Choix de critères définissant le développement  
(Développement : Croissance et Organogénèse)

## 2. Modélisation de l'appareil racinaire de l'hévéa

### Perspectives de la modélisation

1. Synthèse et Quantification des observations
2. Intérêts dans la gestion des systèmes d'exploitation
3. Définition de critères de sélection plus précoces

## METHODES D'ETUDE DU SYSTEME RACINAIRE

**Objectif : établir l'architecture racinaire de l'hévéa**

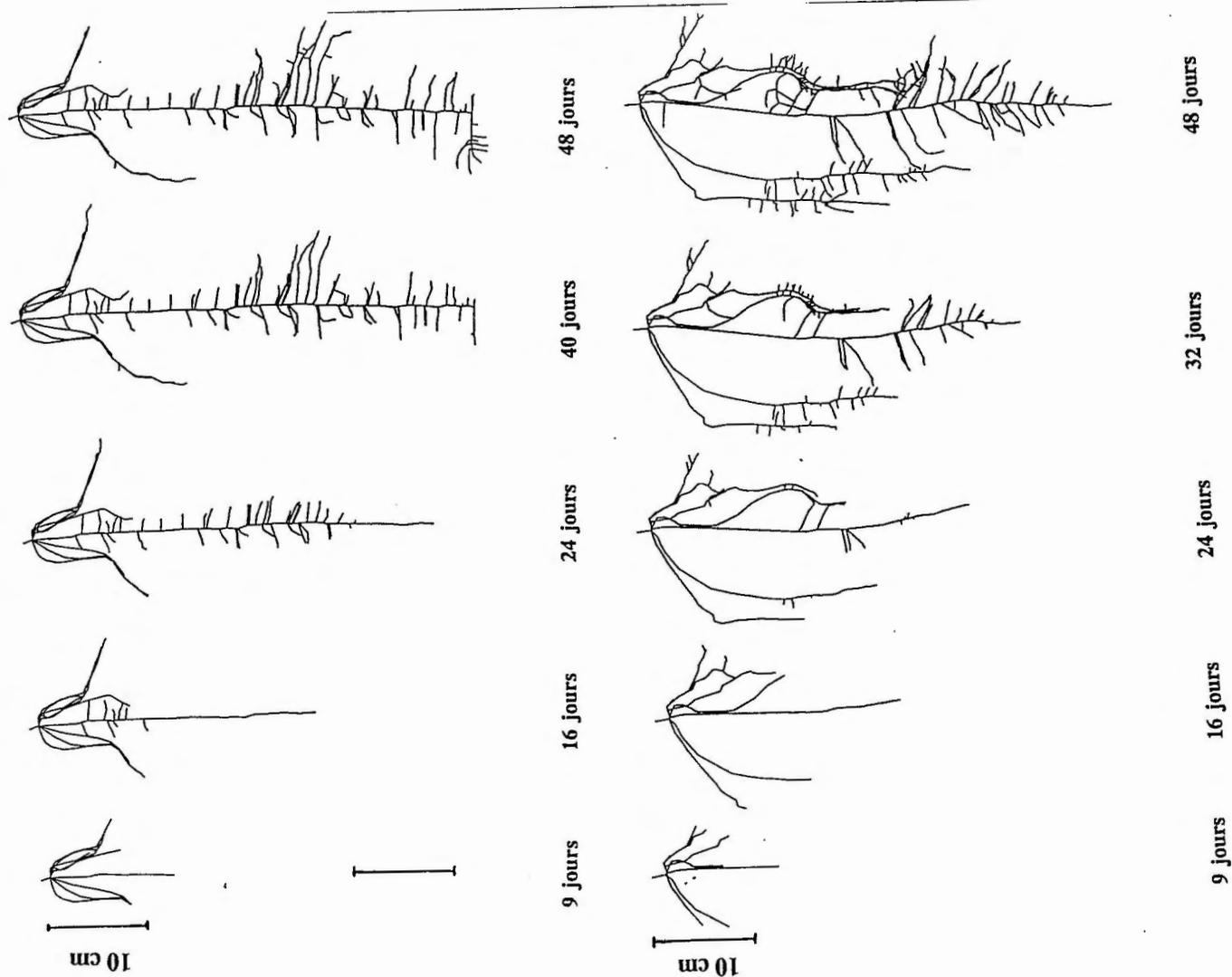
- hiérarchie générale
- séquence de différenciation
- étude dynamique fine

**Différentes approches :**

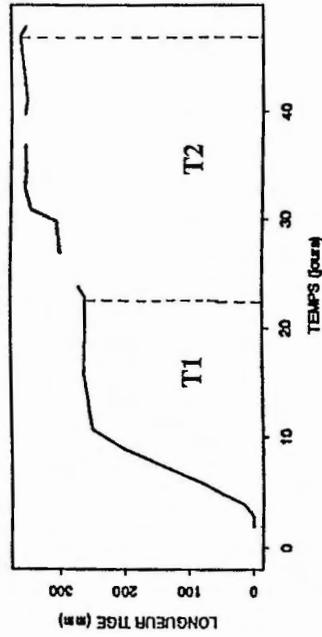
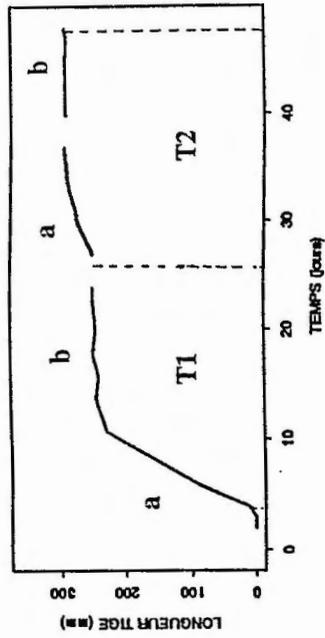
- suivis en minirhizotron
- suivis en rhizotron de terrain (sur front de tranchée)
- excavation
- observations sur arbres en caisson de brumisation

**Méthode présentée : suivi en minirhizotron de 10 jeunes semis (suivi des appareils racinaire et aériens)**

## Morphologie du système racinaire de jeunes semis

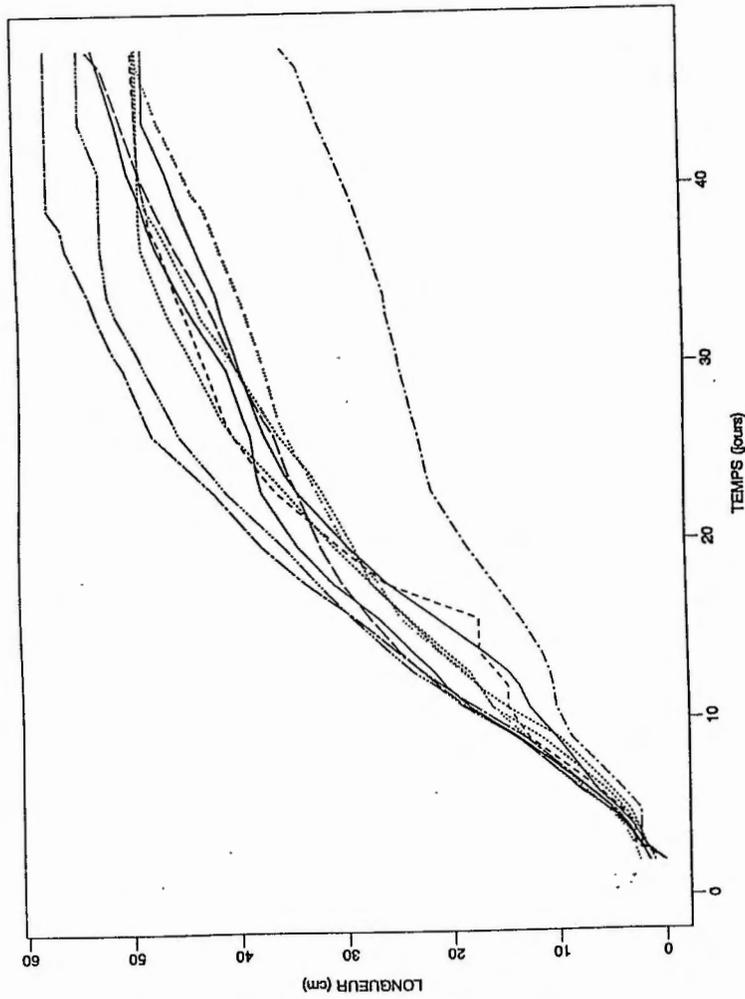


## Etude de la croissance des tiges



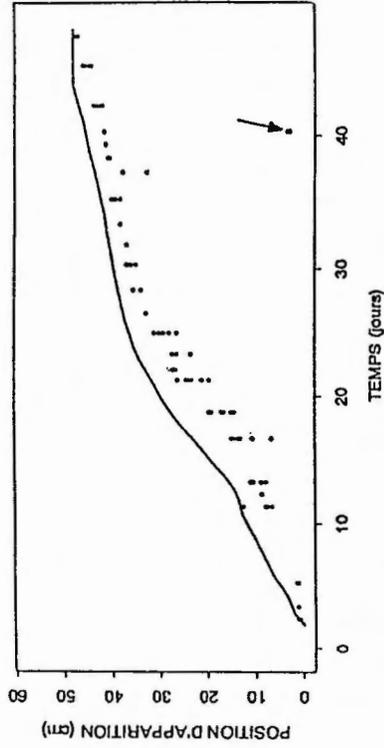
- Lot bien homogène
- Croissance rythmique avec alternance :
  - a. phase d'élongation (vitesse de croissance : 30 mm/j)
  - b. phase de ralentissement (mise en place des feuilles)
- Période d'un cycle : 20 à 25 jours

### Etude de la croissance des pivots

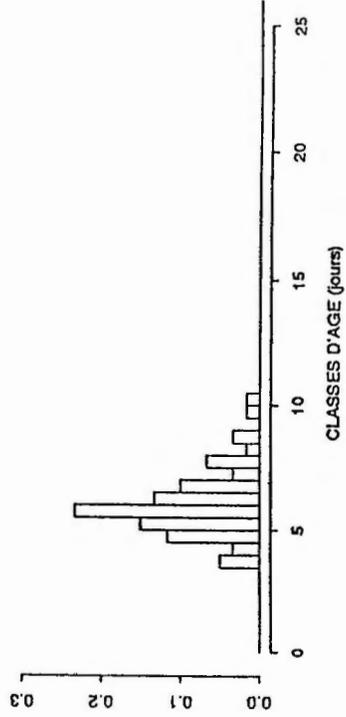


- Lot bien homogène
- Courbe de croissance avec absence de rythme
- Croissance indéfinie amortie (sigmoïde)
- Vitesse moyenne de croissance : 1,3 cm / j

### Ramification du pivot



Apparition acropète des racines latérales secondaires  
Existence de racines tardives (apparition vers 40 jours)



Age moyen du segment porteur : 6 jours

## Etude de la croissance des racines secondaires

- Système racinaire fortement hiérarchisé

- Prédominance du pivot (plus ou moins marquée)

- Pivot à croissance amortie sans rythme

Origine de l'amortissement :

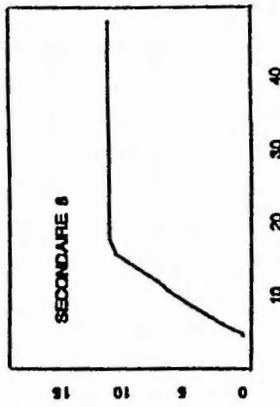
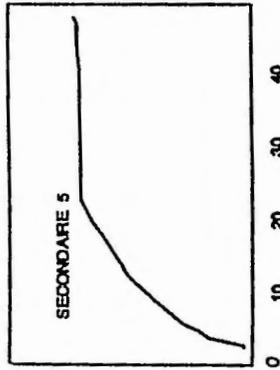
- phénomène intrinsèque (coïncide avec l'apparition des racines tertiaires) ?
- contrainte due au fond du rhizotron ?

- Ramification globalement acropète du pivot

- Racines latérales secondaires apparaissant sur des segments porteurs de 6 jours

- Existence de racines secondaires tardives

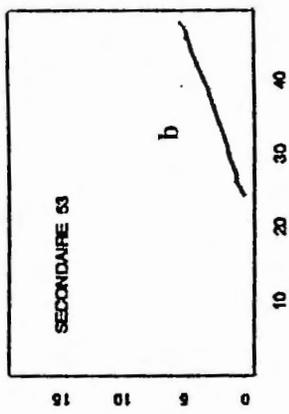
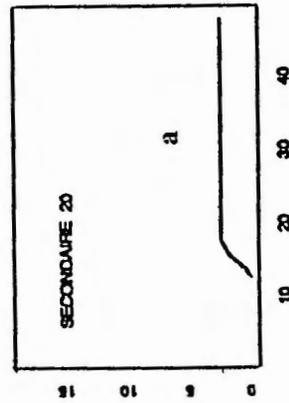
### Racines à apparition précoce



Croissance forte plus ou moins définie (3 semaines)

Racines regroupées en un verticille de 5 à 8 unités sous le collet

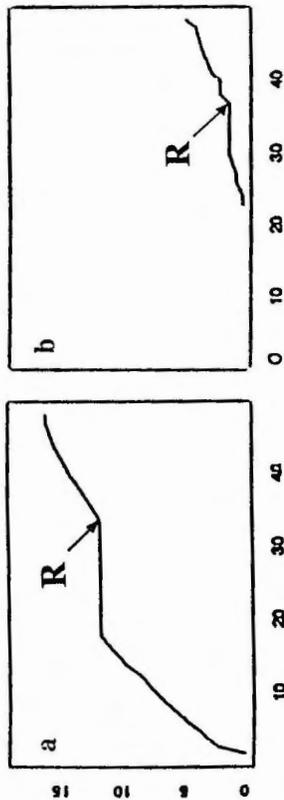
### Racines apparaissant de manière acropète sur le pivot



a. Racines les plus fréquentes : croissance forte, définie et brève

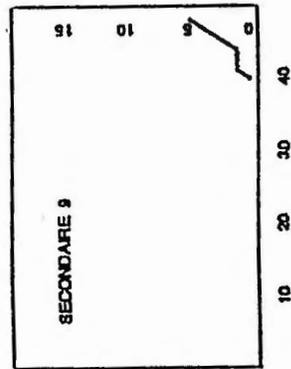
b. Racines à croissance plus faible et plus durable

*Racines présentant une reprise de croissance après un temps de latence*



- a. Redémarrage de racines précoces après 15 jours d'arrêt de croissance
- b. Redémarrage de certaines racines secondaires émises dans la séquence acropète

*Racines tardives*



- Apparition non acropète de ces racines
- Emergence vers le 40<sup>ème</sup> jour
- Localisation de ces racines vers le collet

**Diversité des courbes de croissance**

- racines précoces
- racines en séquence acropète
- racines tardives
- racines à croissance définie
- racines à reprise de croissance

**Différentes questions :**

**1. Origine des racines précoces**

- Racines préformées dans l'embryon ?

**2. Origine des racines tardives**

- Déroulement naturel du programme génétique ?
- Visualisation de corrélations de croissance ?

**3. Devenir des racines tardives**

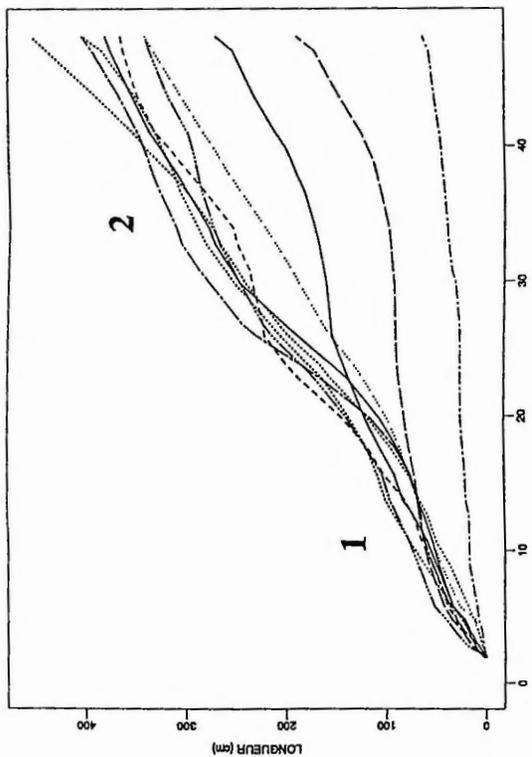
- Croissance définie ou indéfinie ?

**4. Origine des reprises de croissance**

- Visualisation du rythme intrinsèque de croissance ?
- Visualisation de corrélations de croissance ?

**Idee : utiliser des rhizotrons plus grands pour un suivi plus long**

## Étude des courbes de croissance cumulée des racines secondaires



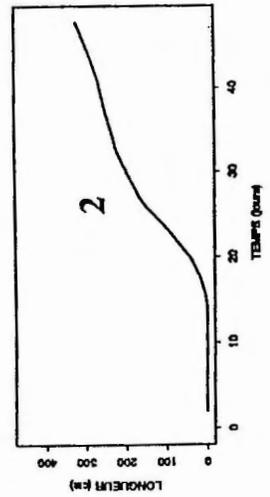
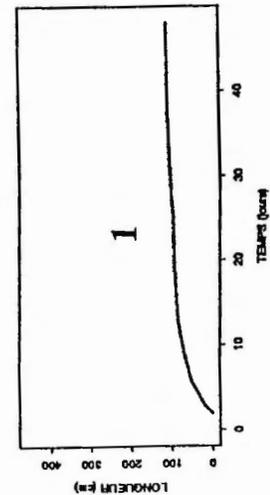
Courbe en double sigmoïde

- une première phase de croissance brève, atteignant vite un palier
- une deuxième phase de forte croissance légèrement amortie



Latérales précoces

Latérales non précoces



## Mission en Côte d'Ivoire (Station IRCA Bimbresso)

### Objectifs :

- Étudier le système racinaire de Semis et de Microboutures *in situ* (conditions pédoclimatiques naturelles)
- Excaver des arbres plus âgés
- Observer la morphologie tridimensionnelle du système racinaire

### Travaux réalisés :

1. Acquisition et synthèse de données pédoclimatiques
2. Mise en place de Semis en rhizotron conteneur type "tissu"
3. Installation de rhizotrons de terrain sur front de tranchée
4. Cartographie sur front de tranchée (cartes d'impact)
5. Excavations de Semis et de Microboutures âgés de 0 à 6 mois
6. Étude de l'architecture tridimensionnelle (arbres 6 mois à 11 ans)
7. Établissement de profils racinaires
8. Prélèvements d'échantillons pour études histologiques

## Conclusion

- La culture en minirhizotron permet un suivi continu du développement racinaire sur un même arbre
- Puissance du traitement des données par le logiciel "LADORA" : quantification des observations
- Application au système racinaire de jeunes Semis d'hévéa :
  - a. système hiérarchisé pivotant
  - b. mise en place d'un verticille de racines précoces
  - c. apparition acropète des secondaires sur le pivot
  - d. diversité des courbes de croissance
  - e. existence racines tardives
  - f. observation de reprises de croissance
- Techniques complémentaires :
  - a. culture sur rhizotrons plus grands
  - b. culture en pot
  - c. culture en caisson de brumisation
- Extension de ce type d'étude aux microboutures

# LE SYSTEME RACINAIRE DES MICROBOUTURES EN COTE D'IVOIRE

A. LECONTE

## 1. INTRODUCTION

Les premières observations réalisées en Côte d'Ivoire sur l'appareil racinaire des microboutures d'hévéa ont été effectuées suivant une approche morphologique qualitative. En effet, une des questions essentielles que l'on se posait vis-à-vis de ce nouveau type de matériel végétal concernait la qualité de l'architecture racinaire obtenue, tant il est vrai que les essais antérieurs de bouturage horticole de l'hévéa s'étaient soldés par des échecs liés à la mauvaise structure de l'enracinement des boutures (absence de pivot entraînant un ancrage déficient).

Ces études ont principalement été menées avec du matériel non clonal (microboutures de seedlings) au cours de l'acclimatation et après transfert en champ, en comparaison avec des arbres issus de semis lorsque cela était possible. Quelques observations ponctuelles ont pu également être réalisées sur des microboutures clonales. En complément de ces études morphologiques de base, on s'est par ailleurs intéressé à l'influence de la nature des conteneurs ainsi qu'à l'étude du fonctionnement des racines *in situ* (vitesse d'extension des racines latérales, appréciation des tropismes).

## 2. PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS

### 2.1. Morphologie du SR des microboutures seedlings

Le processus actuel d'acclimatation est réalisé avec des microboutures induites à l'enracinement mais non encore enracinées (photo 1). La totalité de l'enracinement se fait donc *ex-vitro*, en substrat horticole, au cours de la phase de sevrage.

Nous avons été amenés à effectuer cet enracinement *ex-vitro*, dans la mesure où nous avons constaté, à l'occasion d'acclimations de microboutures enracinées *in-vitro*, que la plupart des racines préformées étaient peu fonctionnelles, puis dégénéraient et étaient remplacées par des racines néoformées (photo 2). De plus, l'utilisation de vitroplants enracinés *in-vitro* sur micro-mottes et subissant au cours de l'acclimatation des rempotages successifs dans des godets en tourbe puis en sacs plastiques avait tendance à produire des plantules présentant de nombreuses déformations racinaires telles que coudes, enroulements, étranglements (photo 3), dont certaines ont pu conduire à la mort des arbres sur pied, après transfert en champ (photos 4 et 5).

Dans le processus d'acclimatation qui est utilisé actuellement, l'expression racinaire intervient en général entre 15 et 30 jours après la mise en sevrage et nous obtenons des systèmes racinaires beaucoup plus satisfaisants qu'auparavant (photo 6). On constate également que le système racinaire mis en place ultérieurement au cours de l'acclimatation présente une hiérarchisation satisfaisante entre racines orthotropes et racines plagiotropes (photo 7).

Après transfert en champ, des excavations réalisées sur des arbres de 0 à 2 ans ont permis d'apprécier la qualité de l'architecture du système racinaire proximal qui est apparu très comparable à ce qui peut être observé sur arbres issus de semis.

En voici quelques illustrations :

photo 8 : microbouture de 2 mois.

photo 9 : microbouture de 6 mois.  
noter le développement du pivot (1.20 m).

photo 10 : microbouture 1 an après le planting.  
système racinaire bien hiérarchisé se composant d'une ou plusieurs racines orthotropes partant du collet et d'un ensemble de racines latérales plagiotropes, bien réparties autour de l'axe et explorant les horizons superficiels du sol jusqu'à des distances importantes (1.30 m en moyenne à 1 an).

photo 11 : système racinaire d'1 an.  
noter la bonne continuité du pivot avec l'axe aérien.

photo 12 : système racinaire de 2 ans.

## **2.2. Morphologie du SR des microboutures clonales**

En ce qui concerne le matériel clonal, des microboutures d'IRCA 18 et de PB 235, transférées en champ en 1990, ont été excavées de façon à vérifier les observations réalisées sur microboutures seedlings.

PB 235 : Les plants présentent une croissance aérienne normale (photo 13 ici à 9 mois).  
mais une architecture racinaire peu satisfaisante (photos 14 et 15)

IRCA 18 : Bonne croissance aérienne à 9 mois (photo 16)  
Architecture racinaire plus proche de celle des microboutures seedlings que pour le PB 235 (photos 17 et 18).

Cette morphologie plus ou moins satisfaisante du système racinaire des microboutures clonales est très certainement attribuable au caractère plus ou moins juvénile du matériel introduit *in-vitro*. Cet inconvénient devrait cependant très prochainement être levé par l'utilisation de techniques performantes de réjuvenilisation du matériel clonal avant l'introduction de celui-ci *in-vitro*.

### **2.3. Influence de la nature des conteneurs**

Comme nous l'avons souligné plus haut, l'élevage des plants en conteneurs classiques peut induire certaines déformations racinaires dont on a pu constater les effets pernicioseux.

En vue de limiter au maximum ces perturbations racinaires, nous avons cherché à mettre au point un nouveau type de conteneur pour les pépinières de microboutures, en faisant intervenir un matériau à fibres non tissées, partiellement dégradable. La paroi en non-tissé est traversable par les racines qui stoppent leur croissance à l'extérieur du sac sans se déformer (phénomène de cernage aérien), puis reprennent un développement normal après transplantation en pleine terre.

photo 19 : microbouture en sac non tissé, prête au planting.

photo 20 : système racinaire d'un plant élevé en sac non-tissé.

photo 21 : système racinaire d'une microbouture élevée en sac non-tissé, 6 mois après le planting : quasi absence de déformation.

Des études sont en cours en vue de caractériser en particulier la structure du système racinaire en fonction du type de conteneur utilisé et de la durée de séjour dans celui-ci, ainsi que la reprise de croissance des racines au travers du non-tissé après transfert en champ.

### **2.4. Fonctionnement des racines *in situ***

Une expérimentation a été mise en place récemment pour mesurer *in situ* la vitesse d'extension des racines latérales superficielles et apprécier leurs tropismes.

Cet essai, réalisé sur microboutures et sur semis d'un an environ, a consisté à dégager soigneusement des racines latérales jusqu'à leur apex (photo 22) puis à repérer l'emplacement de celui-ci, après l'avoir réorienté ou non, avant de réenfouir la racine. Un dégagement périodique au niveau des pointes racinaires a permis d'apprécier la dynamique et la stratégie de croissance des racines étudiées.

L'analyse des premiers résultats met en évidence :

- . une extension journalière d'1 cm environ dans de bonnes conditions (photos 23 et 24).

- . des tropismes inexistantes :

- photo 25 = réorientation dans le plan horizontal

- photo 26 = réorientation dans le plan vertical

### 3. PERSPECTIVES

L'étude du système racinaire des microboutures doit se poursuivre en s'articulant autour d'études morphologiques et d'études de fonctionnement. Parmi les thèmes de recherche qu'il conviendrait de traiter, on peut citer :

\* La qualité du système racinaire produit, en relation avec l'ancrage et l'alimentation hydrominérale, dans le cas du matériel clonal.

\* La dynamique de mise en place du système racinaire : cinétique de colonisation des horizons profonds par le pivot et extension des latérales.

\* Les variations du modèle induites par différents facteurs limitants :

- . influence du type de sol (résistance à la pénétration)
- . influence des techniques culturales
- . nature du conteneur (étude fine du cernage aérien)

\* Etude des tropismes : réorientation des racines *in situ* plants en pots réorientés

\* Etude de la croissance racinaire *in situ* :

- . vitesse de croissance
- . analyse des poussées racinaires en relation avec
  - la phénologie de la plante
  - les variations climatiques

<p>SYSTEME RACINAIRE DE L'HEVEA EN COTE D'IVOIRE</p>
----------------------------------------------------------

J. Z. KELI,

*IRCA - Bimbresso. 01 B.P. 1596 ABIDJAN 01 Côte d'Ivoire*

## I. INTRODUCTION

Les végétaux supérieurs sont des êtres vivants fixés à un substrat dont ils tirent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur alimentation. Anatomiquement, ce sont les racines qui assurent ces deux fonctions : la fixation et l'alimentation. La connaissance objective du système racinaire constitue un moyen de rendre plus efficaces les interventions sur le milieu : façons culturales, apports d'éléments nutritifs, lutte contre les maladies racinaires, et d'améliorer les techniques de préparation du matériel végétal.

En général, le système racinaire des plantes pérennes est mal connu : les profondeurs d'enracinement étant très importantes, les techniques d'observations souvent utilisées fournissent des résultats difficilement exploitables, le plus souvent qualitatifs.

De plus il n'est pas réaliste sauf pour la compréhension des phénomènes d'étudier l'enracinement ailleurs qu'en pleine terre, car le développement des racines en milieu artificiel sur substrat solide ou liquide est beaucoup trop différent de ce qui se passe dans un sol en place.

Le système racinaire de l'hévéa a déjà fait l'objet de quelques travaux (OTOUL, 1960 ; BONZON et al., 1973 ; FAVRE, 1984 et 1985...).

Ces dernières années, l'IRCA Côte d'Ivoire a également entrepris des observations ponctuelles de systèmes racinaires dans différentes zones hêvéicoles en vue :

- d'établir des comparaisons entre systèmes racinaires de microboutures et de plants classiques (cf. Exposé A. LÉCONTE).
- de comprendre le phénomène de déracinement de certains clones dans certains sites (Sud-Ouest).
- d'apprécier le comportement racinaire des hévéas dans les systèmes d'association hêvéa-vivriers.

## II. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les sols actuellement destinés à l'hévéaculture sont classés dans le groupe des sols ferrallitiques. On peut considérer les sols dérivés de sables tertiaires du Sud-Est comme relativement homogènes et constituant un excellent support grâce à de bonnes qualités physiques sur l'ensemble du profil. Tout au contraire les sols du Sud-Ouest sont très diversifiés et la roche mère (granite-migmatites-schistes), la topographie et les phénomènes de concrétionnement conditionnent dans une large mesure la profondeur et la richesse en éléments fins et minéraux. Ces sols d'apparence plus riches que les précédents (à l'exception du phosphore assimilable) car moins désaturés offrent cependant des caractéristiques physiques défavorables : faible profondeur, important taux de gravillons, présence fréquente d'un horizon induré.

Les facteurs climatiques sont très comparables dans les deux zones étudiées. Il s'agit d'un climat caractérisé par deux saisons de pluies séparées par deux saisons sèches (petite et grande). Le total des précipitations avoisinent 1800 mm, la température moyenne est de 27° avec de très faibles amplitudes journalières et saisonnières.

## III. RESULTATS DES OBSERVATIONS RACINAIRES SUR LES DEUX TYPES DE SOL

### 3.1. Observations racinaires dans le Sud-Est

#### 3.1.1. A Fongo

En 1983, certains lots de la plantation de Fongo qui ont subi des incendies en février et mars ont été abattus. Tous les arbres ayant été entièrement déracinés au D8, une typologie des systèmes racinaires a été ainsi réalisée (JOBBE DU VAL, 1983). La plantation a été réalisée en graines en 1975 et greffée au champ en GT 1. 3 principaux types de systèmes racinaires ont pu être inventoriés (tableau 1).

- Les systèmes possédant un pivot bien développé (type 1).
- Ceux ayant plusieurs pivots moyennement développés (type 2).
- Les systèmes n'ayant pas de pivot mais possédant un grand nombre de petites racines orthotropes ou plagiotropes (type 3).

Tableau 1. Typologie des systèmes racinaires.

Type	1	2	3	Total
nombre d'arbres	132	173	204	509
%	26	34	40	100

Compte-tenu du mode de plantation et du terrain (sables tertiaires) les résultats obtenus sont étonnants et mériteraient d'être approfondis afin d'identifier les causes d'une telle variabilité.

### 3.1.2. A Bimbrasso

#### A. Dans les essais d'association

A un an et demi d'âge des observations de systèmes racinaires ont été effectuées sur 60 arbres d'un essai de rotations et sur 48 arbres d'un essai de fumure afin d'identifier d'éventuels effets des vivriers intercalaires sur les caractéristiques suivantes (KELI, 1990).

- longueur totale d'une racine charpentière (étude de 3 racines/hévéa)
- nombre total de racines traçantes par hévéa
- épaisseur de la couche de sol exploitée par les racines plagiotropes.

L'analyse statistique des données recueillies n'a pas mis en évidence de différences significatives entre traitements, mais ces commentaires peuvent être faits (tableaux 2 et 3) :

- à 1 an 6 mois, les racines traçantes exploitent déjà un peu moins de la moitié de l'interligne
- les racines plagiotropes sont localisées en dominance dans les 40 premiers centimètres du sol.

Tableau 2. Système racinaire du GT 1 à 1 an 6 mois (essai de rotations)

	Longueur totale d'1 racine traçante		Nombre total de racines traçantes /hévéa		Épaisseur couche exploitée par racines traçantes	
	moyenne (cm)	CV (%)	moyenne	CV (%)	moyenne (cm)	CV (%)
Association	145,4	5,6 à 16,3	23	15,2 à 26,7	37,1	4,6 à 20
Témoin (Pueraria)	138,2	16,3	19	11,7	35,5	7,9

Tableau 3. Système racinaire du GT 1 à 1 an 6 mois (essai de fumure).

	Longueur totale d'1 racine traçante		Nombre total de racines traçantes /hévéa		Épaisseur couche exploitée par les racines traçantes	
	moyenne (cm)	CV (%)	moyenne	CV %	moyenne (cm)	CV %
Avec engrais sur hévéa et/ou sur vivrier	142,2	18,1 à 30,3	17,3	16,5 à 18,0	35,5	6,8 à 11,7
Sans apport d'engrais	147,7	21,9	19	13,2	36,7	10,4

Ces caractéristiques racinaires ont été mises en relation avec certains paramètres de croissance aérienne mesurés à la même date : nombre d'étages foliaires, diamètre de la couronne, circonférence du tronc à 1 m au-dessus du sol. Des corrélations positives n'ont été mises en évidence qu'entre la circonférence des hévéas et l'épaisseur de la couche exploitée par les racines traçantes ainsi qu'entre le diamètre de la couronne et le nombre de racines traçantes.

### 3.2. Observations racinaires dans le Sud-Ouest

#### 3.2.1. A Rapide-Grah

Le clone PB 235 ayant déraciné, des observations racinaires et de sol ont été réalisées en mars 1989 afin d'en déterminer les causes. L'étude a été conduite sur une parcelle plantée en sacs, en 1979 après trouaison à la tarière, sans sous-solage préalable. Cette étude a fait ressortir que le déracinement des arbres est principalement attribuable aux contraintes physiques du sol. En effet une couche gravillonnaire très compacte plus ou moins profonde selon la topographie, limite le développement en profondeur du pivot. Au contact de cette dure le pivot se retourne et/ou se ramifie en de nombreuses racines à développement limité. De plus, les racines secondaires sont limitées à la couche tout à fait superficielle et ne suffisant pas à assurer l'enracinement de l'arbre dans le sol (LECONTE, KELI, 1989).

#### 3.2.2. A Mayo

Le même phénomène de déracinement du clone PB 235 ayant été observé sur le champ de clone de Mayo, des observations racinaires et de profils ont été effectuées en mai 1990. Ce champ comparatif de 5 clones d'hévéas (GT 1, PB 235, PB 217, PB 5/51, AVROS 2037) a été planté en stumps greffés de 20 mois en juin 1980, derrière forêt, après un déforestation mécanique suivi d'andainages et sans sous-solage préalable.

Cette recherche a mis en évidence (KELI et LECONTE, 1990) :

- la présence à faible profondeur d'une couche latéritique indurée, opposant une contrainte physique à l'enracinement profond de l'hévéa et donc à son enracinement (tableau 4).

Tableau 4. Profondeur moyenne de la couche latéritique

Clone	haut de pente	bas de pente
GT 1	56,5 cm	-
PB 235	42,7 cm	70,1 cm

- la manifestation précoce de la sensibilité du clone PB 235 au phénomène de déracinement, sensibilité probablement liée au poids de l'arbre (hauteur et circonférence), (tableau 5).

Tableau 5. Relevé des dégâts dus au vent.

clone	Nbre emplacements	% présents	% morts + manquants	% déracinés	% cassés
GT 1	659	90,6	7,1	1,7	0,6
PB 235	675	75,7	5,6	18,4	0,3

#### IV. CONCLUSION

Ces résultats bien que fragmentaires traduisent l'importance :

- du clone et de son âge,
- du type de sol et de son mode de préparation
- et du mode de plantation des plants dans le phénomène de déracinement. Un programme de recherche bien élaboré orienté sur les plantations déjà existantes et prenant en compte ces paramètres s'avère indispensable. Par ailleurs d'autres approches comme les cartographies sur fond de tranchée pourront utilement compléter ces méthodes en dominance qualitatives.

LE SYSTEME RACINAIRE DES HEVEAS AU GABON
------------------------------------------

P. THALER

ETUDE DU DEVELOPPEMENT DU SYSTEME RACINAIRE  
AU COURS DE LA PREMIERE ANNEE APRES PLANTING

PROTOCOLE

1. Objet

Cet essai a pour objet d'étudier, dans les conditions écologiques de la plantation HEVEGAB/Ekouk, le développement du système racinaire de jeunes plants d'hévéa en fonction du mode de planting et du type de sol.

2. Localisation de l'essai

Plantation HEVEGAB/Ekouk. Blocs E 23, F 22d, G 13a, E 14b, E 21b, E 14a.

3. Traitements

Correspondent aux facteurs étudiés.

Trois modes de planting x deux types de sol.

- |                      |                                         |
|----------------------|-----------------------------------------|
| 1 - graines au champ | 1 - argilo-limoneux sur marnes altérées |
| 2 - sacs seedling    | 2 - sableux profond                     |
| 3 - sacs greffés     |                                         |

Soit six traitements :

- |                       |                |                   |
|-----------------------|----------------|-------------------|
| T1 - graines au champ | x sol sableux  | : F 22 d          |
| T2 - " " "            | x sol argileux | : G 13 a          |
| T3 - sacs seedling    | x sol sableux  | : E 23 à préciser |
| T4 - " "              | x sol argileux | : E 14 a          |
| T5 - sacs greffés     | x sol sableux  | : E 21 b          |
| T6 - " "              | x sol argileux | : E 14 b          |

Mode opératoire - échantillon

Excavation de 10 plants/traitement à 1, 3, 6, 9, 12 mois après planting, soit 50 plants/traitement (= parcelle).

Pour les graines au champ, on attend le stade 1er étage étalé pour la 1ère excavation.

Remplacements suite aux excavations

Graines : pas de remplacement, on choisit des graines sur des emplacements comptant plus de trois plants bien développés.

Sacs greffés et sacs seedling : remplacement au fur et à mesure des excavations. Prévoir des plants pré-débouffés pour les sacs greffés.

## 4. Historique des parcelles

Précédent : forêt secondaire ancienne.

Déforestation : mécanique, andainage.

Brûlage : fin septembre 1989.

Plante de couverture : *Pueraria phaseolides*.

*troussin à la taribu*

## 5. Matériel végétal

Porte-greffe : tout-venant.

1 - graines au champ

F 22d : semis 1-3/10/90	} Pas de
6 graines (Lambarené)/emplacement	} travail
G 13a : semis 15-18/10/90	} du
6 graines (Lambarené)/emplacement	} sol

2 - sacs seedling

Semis en sacs 02-03/90. 2 graines (Ekouk)/sac au planting.

E 14a : planting 11/90 } âge des plants

E 23 : planting 11/90 } 8-10 mois

3 - sacs greffés

Semis en sac : 09-10/90 (graines Ekouk)

Greffage : 06 à 11/90 - E 21b : PB 235

- E 14b : PB 260

Planting : - E 21b : 12/90

- E 14b : 11/90

## 6. Mise en place de l'essai

Début des excavations :

07/12/90 pour les graines, 1 mois après planting pour les sacs.

## 7. Observations, mesures, contrôles à effectuer

Partie aérienne : selon âge - diamètre, circonférence, hauteur.

Racines : - diamètre et longueur du (des) pivot(s)  
 - nombre de pivots, profondeur de ramification  
 - nombre de racines latérales  
 - profondeur d'émission des racines latérales  
 - diamètre et longueur des racines latérales

Description du profil du sol sur tranchées (fosses).

Pour les sacs (greffés et seedling), on effectuera des mesures sur le système racinaire dans les sacs au moment du planting.

## 7. Durée de l'essai

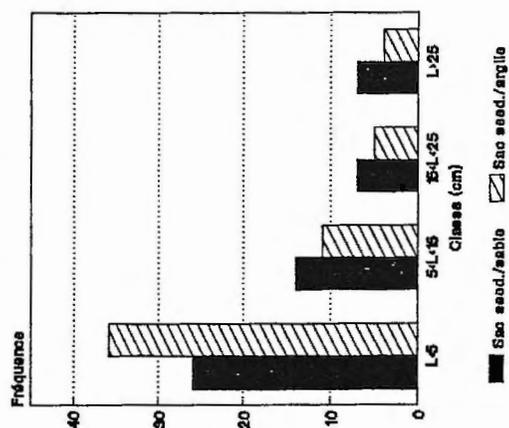
Un an. Peut être prolongé.

### Motivations de l'essai

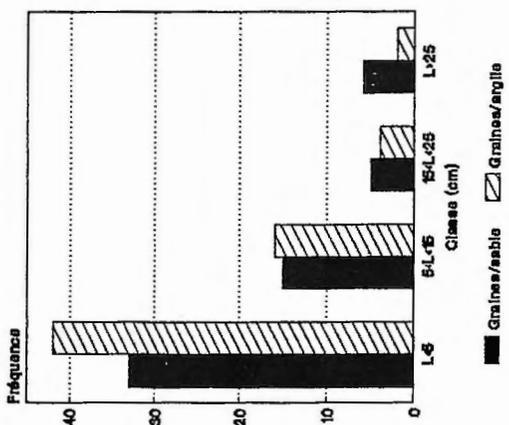
La connaissance du développement du système racinaire fournit des éléments de décision pour déterminer ou évaluer :

- les modes et dates d'épandage des engrais
- la gestion de la couverture du sol et les possibilités de travail mécanique
- les modes de planting les mieux adaptés aux conditions écologiques
- les modalités de lutte contre les maladies de racines (Fomes).

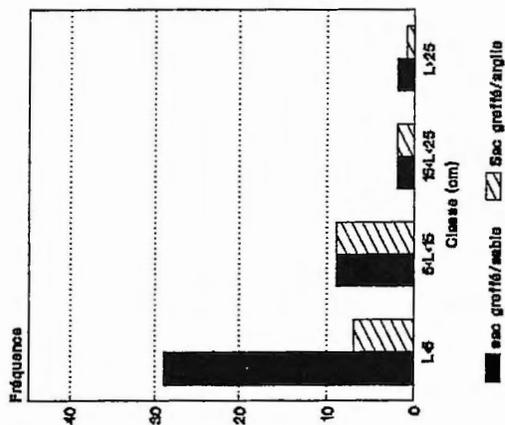
Plantage en sac seedling  
Longueur des racines latérales



Plantage en graines  
Longueur des racines latérales

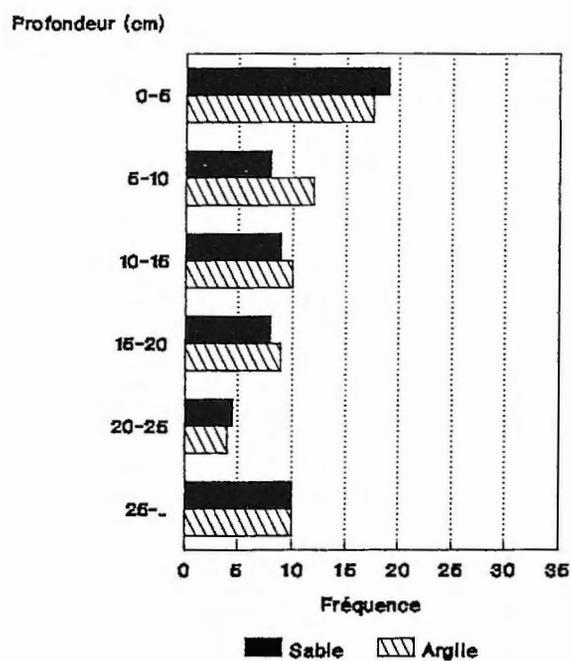


Plantage en sac greffé  
Longueur des racines latérales

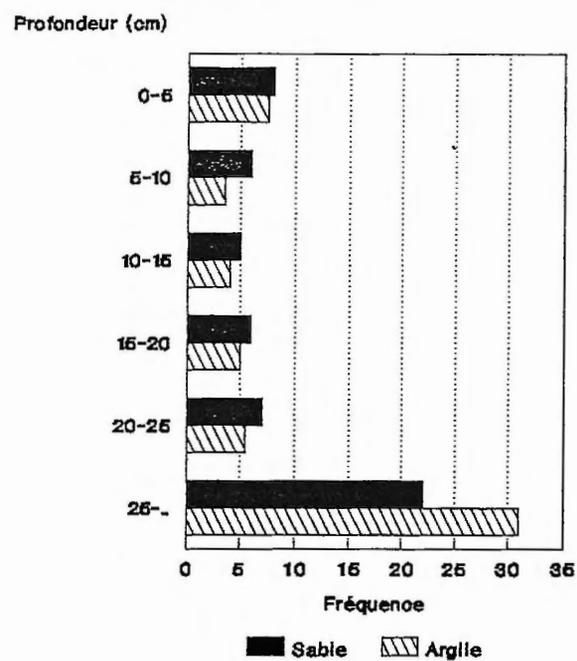


Rq : pour le traitement sac greffé/argile, les racine émise à partir des pivots secondaires n'ont pas comptées.

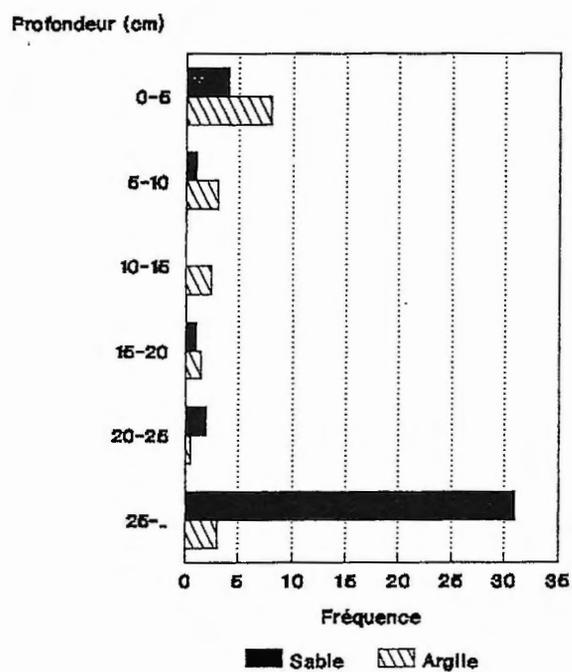
Plantage en graine  
Distribution verticale des racines



Plantage en sac seedling  
Distribution verticale des racines



Plantage en sac greffé  
Distribution verticale des racines



Rq : pour le traitement sac greffé/argile, les racines émises à partir des pivots secondaires n'ont pas comptées.

ETUDES PRELIMINAIRES MENEES EN 1990  
SUR LE SYSTEME RACINAIRE DES HEVEAS A EKOOK

Etude préliminaire n° 1

Dégagement du système pivotant et des racines latérales superficielles de trois arbres âgés de 4 ans et plantés en stumps (lignes hors expérience de KG AF 01).

A r b r e	1	2	3
Circonférence tronc à 1 m du porte-greffe (cm)	23,5	33,5	46,5
Nombre de racines latérales étudiées	4	5	4
Longueur moyenne des racines latérales (cm)	390	460	510
Profondeur de l'extrémité des racines latérales (cm)	0-15	0-20	0-25
Circonférence du pivot à 10 cm du collet (cm)	36	44 + 15 (2 pivots)	
Nombre de pivots en profondeur	6	5	5
Profondeur maximale des pivots (cm)	130	167	165

La présence d'une couche gravillonnaire à environ 120 cm de profondeur semble perturber le développement des racines pivotantes. Elles s'arrêtent (arbre 1) ou forment des coudes avant de se ramifier (arbre 2 et 3). Cependant, certains de ces pivots, ou leurs ramifications, traversent cet horizon gravillonnaire et poursuivent leur croissance dans l'horizon de transition avec les marnes altérées sous-jacentes.

Les racines latérales superficielles ont un comportement humicole. Si on assimile les racines latérales à un système radial, un arbre de 4 ans avec des racines latérales de 4,5 m en moyenne peut être en contact avec 16 autres arbres dans le dispositif AGROGABON (6,5 m x 3 m).

## Etude préliminaire n° 2

Développement du système racinaire d'hévéas de 2 mois issus de semis directs sur sol sableux. Moyenne sur 10 plants.

Hauteur partie aérienne	28, 5 cm	(17 ‰)
Circonférence au collet	6,3 mm	(13 ‰)
Nombre de racines partant du pivot	67	(38 ‰)
Profondeur d'émission de la première racine	1,75 cm	
Profondeur d'émission de la dernière racine	Profondeur du pivot - 7,5 mm	
Nombre de pivots au départ	1	
Nombre de pivots secondaires	0	
Profondeur maximale du pivot	28,8 cm	(31 ‰)
Ø à 1 cm du collet	7,0 mm	(12 ‰)
Ø à 10 cm du collet	2,5 mm	(25 ‰)
Ø à 20 cm du collet	1,2 mm	(26 ‰)

( ) : coefficient de variation

Les racines latérales les plus longues atteignent 28 cm.

Ces systèmes racinaires ont été dégagés intacts dans leur totalité au moyen d'un jet d'eau.

## Discussion Générale

### Conclusion

#### IDEES FORCES

Le CIRAD fait de la Recherche finalisée.

Quelle finalité en l'occurrence ?

1. Les racines impliquées dans l'alimentation hydro-minérale sont en relation directe avec la Croissance et la Production.
2. Les racines : facteur d'importance dans l'ancrage au sol et la résistance au vent.
3. Les racines : objectifs de l'attaque des pourridiés.

( Ces deux derniers facteurs sont impliqués directement dans la diminution du nombre d'hévéas à l'hectare après plantation ).

#### *CONSEQUENCE :*

- Nécessité de développer une connaissance approfondie du système racinaire dans sa morphologie, sa croissance, puis sur les mécanismes de son fonctionnement.
- Définition d'un idéotype correspondant à un milieu donné.

## THEME GENERAL

Etude dynamique de l'établissement et de la morphologie du système racinaire en tenant compte de l'origine génétique et des facteurs du milieu.

## SOUS-THEMES

1. **Racine et Fomès**
  - Etablissement d'un diagnostic suffisamment sûr de l'infection.
  - Rechercher les fondements génétiques de la résistance au Fomès.
  - Evaluation de la variabilité génétique pour cette résistance.
  
2. Etude de la variabilité génétique dans la **résistance mécanique à la pénétration** des racines dans le sol en liaison avec des paramètres morphologiques (utilisation de matériel illégitime, puis clonal).
  
3. Est-ce qu'un plant possédant plusieurs **pivots racinaires** est avantagé par rapport à un plan mono-pivot ? Les plants poly-pivots pourraient être obtenus par voie chirurgicale comme pour le chêne. (Avantages possibles sur la croissance à la replantation, quant à la qualité de l'ancrage et la résistance aux pourridiés).
  
4. Comparer la **qualité de l'ancrage** au sol de seedlings et de microboutures en tenant compte des interactions nature du sol et variabilité génétique.
  
5. Etude cinétique de la répartition de la biomasse et des assimilats entre système racinaire et partie aérienne.

6. **Physiologie du fonctionnement racinaire,**  
en partant des expériences en cours quant à l'alimentation hydro-minérale de microboutures non-enracinées *in vitro*, lesquelles impliquent l'influence du gradient de potentiel hydrique (plante-milieu, transposer à des plantules en serre et enracinées.
7. Interaction et compétition hydro-minérale dans le cas de cultures associées à l'hévéa. Evolution du système racinaire de l'hévéa ( STD 3 en coopération avec l' Université de HOHENHEIM ).
8. Etude du développement du chevelu racinaire de surface en tenant compte des facteurs sols et de l' origine génétique.
9. A la demande du RRIM, recherche en collaboration sur l'influence de la famille de porte-greffe sur l'alimentation hydro-minérale, la croissance et la production ( Interactions 4 familles x 4 doses d'engrais x plusieurs sites = 104 ha ).

#### REMARQUES

La possibilité d'obtenir une ATP-CIRAD amène à distinguer les thèmes strictement Hévéa de ceux plus généraux intéressant plusieurs plantes pérennes :

- La dynamique de l'établissement du système racinaire.
- La physiologie du fonctionnement.
- Le système racinaire en cultures associées sont des thèmes d'intérêt plus général que :
  - l'intérêt d'un poly-pivot,
  - la résistance au Fomès,
  - la résistance à la pénétration du sol .....

ANNEXES

## SYSTEME RACINAIRE DE L'HEVEA

### INTRODUCTION

Comme chez toutes les plantes, le système racinaire de l'hévéa a un rôle d'ancrage et d'alimentation minérale et hydrique (absorption, stockage et transport)

L'étude des racines de l'hévéa doit permettre de mieux appréhender les études menées sur:

- les modes de préparation du sol
- les méthodes de préparation du matériel végétal
- la nutrition minérale
- la lutte contre le Fomes
- la gestion de l'interligne
- le problème du déracinement

### CHOIX DES METHODOLOGIES

#### A. Observation

1. Excavation (conteneurs et champ)
2. Monolithes
3. Cartographie sur fronts de tranchée, grille.
4. Tranchée spirale
5. Carottages
6. Rhizotrons (labo et terrain)
7. Autres (éléments marqués)

La méthode d'observation dépendra des paramètres à étudier, de l'âge de l'hévéa et des disponibilités matérielles.

Une étude de variabilité et un échantillonnage est à mettre au point en s'inspirant des travaux déjà effectués sur plantes pérennes.

#### B. Mesure des paramètres

1. *Caractéristiques morphologiques*  
 Nombre, longueur, diamètre, angles du pivot et des latérales  
 Surface, volume, densité racinaire  
 Projet de "fiches expérimentation" pour une méthodologie commune d'observation, en vue de l'établissement d'une base de données.

2. *Caractéristiques anatomiques et cytologiques*  
 Apex, coiffe, cortex, endoderme, stèle.  
 Epaissement secondaire.

3. *Caractéristiques minérales*  
 Immobilisation des éléments minéraux.

### I. ETUDE DE L'ARCHITECTURE RACINAIRE

Modélisation de la mise en place du système racinaire des plants issus de semis et de microboutures: Thèse en cours.

Etude sur hévéas âgés de 0 à 3 ans.

Polymorphisme:

Pivot, latérales et chevelu. Système de surface et système de profondeur. Racines d'exploration et racines d'exploitation. Racines orthotropes et racines plagiotropes. Macrorhize et brachyrhize.

### II. ETUDE DU FONCTIONNEMENT RACINAIRE

Développement des racines. Croissance en longueur et en diamètre, ramification, durée de vie. Tropismes et réorientations de l'apex.

Activités racinaires, absorption de l'eau et des éléments minéraux

III. ETUDE DES FACTEURS SUSCEPTIBLES D'INFLUENCER L'ARCHITECTURE ET LE FONCTIONNEMENT DES RACINES.  
INCIDENCE SUR LES TECHNIQUES HEVEICOLES

**A. Le matériel végétal**

*1. Génotype*

a. Influence de la famille du porte-greffe  
Etude de différentes familles greffées avec un même clone. Effet déjà mis en évidence sur la croissance, la production et les DF (DL?).

b. Clone de microbouture

BM OM 02

ATP "Etude des interactions genotype-milieu".

*2. Phénotype*

a. Age

Mise en place du système racinaire jusqu'à l'âge adulte.

b. Vigueur de la partie aérienne

Etude d'une même famille greffée avec différents clones  
Essais clones. (RRIM 605 > RRIM 513)

c. Sécheresse de l'encoche

En relation avec la nutrition minérale et l'alimentation hydrique.  
Anastomoses et transmission de la maladie.

d. Hivernage

Activité saisonnière du développement racinaire et en particulier du chevelu (turn over?). Croissance minimale à la chute des feuilles et maximale à la refoliation.

**B. Le milieu**

*1. Pluviométrie, longueur de la saison sèche*

*2. Sol*

a. Granulométrie, propriétés physiques, compacité, aération, densité. Seuil de résistance mécanique à la pénétration du pivot. Corrélation positives avec teneurs en sable.

b. Fertilité chimique, toxicité, carence.

c. Fertilité biologique.

Comportement humicole des racines.  
Rôle de l'humus et de la faune du sol.  
Mycorrhizes (nutrition en P).

d. Humidité du sol

**C. Les techniques culturales**

*1. Préparation du terrain*

Andainage

Sous solage.

Trouaison à la tarière

*2. Plante de couverture*

Une couverture de pueraria double la densité racinaire de l'hévéa (RRIM).

*3. Mode de planting*

Sac et stump. Durée de la pépinière. Type et volume du conteneur. Evaluation du "potentiel de régénération racinaire". Relation avec la Vigueur de la partie aérienne. Travaux de FAVRE.

*4. Densité et dispositif*

*5. Culture intercalaires*

Etude des compétitions pour l'eau et les éléments minéraux: STD3  
Manioc et Fomès

*6. Fertilisation*

Localisation et dates d'apport.

*7. Mise en saignée*

Rôle des glucides de réserve.

Proposition d'une participation dans un  
programme de recherche "Etude du fonctionnement des  
cultures associées à base d'hévéas"

Dietrich E. Leihner  
Wichard Ziebell

1. Thème d'un programme coopératif IRCA - Université de  
Hohenheim

Le group de travail de l'Université de Hohenheim se concentrera  
aux aspects du développement du système racinaire et du bilan des  
éléments minéraux dans différents systèmes des cultures associées  
à base d'hévéa.

2. Systèmes des cultures à étudier:

Le programme coopératif envisagera l'étude de trois systèmes de  
cultures associées:

- a) Un système des cultures associées temporaires hévéa - cultures  
alimentaires annuelles
- b) Un système de cultures associées permanentes hévéa - cultures  
annuelles alimentaires
- c) Un système de cultures associées permanentes hévéas - cultures  
industrielles perennes

Dans le cas a) on participara à l'établissement de novuels essais  
et on étudiera la dynamique du développement des facteurs à  
travers les premières quatre à cinq ans du système. Dans le cas b)  
et c) on utilisera les essais où l'hévéa se trouve déjà en  
production.

3. Les paramètres à étudier

Justqu'au moment le développement de la morphologie racinaire des  
différents composants dans un système associé à base d'hévéa n'est  
pas bien connu. En plus il n'existe pas d'information sur  
l'interaction des systèmes racinaires (synergies ou antagonismes).  
Pour caractériser le système dans ce contexte, nous proposons  
d'étudier les paramètres suivantes.

- a) Distribution et densité des racines à travers les différentes  
zones de profondeur.
- b) Longueur et volume de racines par mètre cube du sol
- c) Poids frais et sec des racines

Dynamique de la disponibilité de l'eau et des éléments minéraux

CIRAD  
Direction Scientifique

FICHE DS/01  
A T P N° :

Date de la demande : 4-6-91

A T P 1992

DECLARATION D'INTENTION

ORIGINE : Mission : AGER et MICAP

Départements : (département/programme/chercheurs).

IRCA, IRAT, IRFA, IRHO, CTFT

THEME<sup>#</sup> : Sujet : (Thème de recherche, nature des activités, objectif à atteindre, place et intérêt dans le contexte CIRAD et hors CIRAD, durée, localisation).

- Interaction génotype-milieu dans l'appréciation de la variabilité du processus de mise en place et de fonctionnement du système racinaire.
- durée : 3 ans.
- Localisation : France, Sénégal, Côte d'Ivoire, Cameroun, Gabon, Congo, Guadeloupe.

PARTENAIRES :

	(1)	(2)	
<u>CIRAD</u> (programme, chercheurs...)	:	:	:
IRCA (Eschbach-Nicolas-Jacob-Carron)	: accord ferme	: (1)	:
IRAT (Reyniers)	: accord ferme	: (1)	:
IRFA (Mar chal)	: accord ferme	: (1)	:
IRHO (Bockelee-Morvan)	: accord ferme	: (1)	:
CTFT (Souvannavong)	: sollicité	: (1)	:
<u>Extérieures</u>	:	:	:
INRA Avignon France	: accord ferme	: (1) et (2)	:
CERAAS.Bambey Sénégal	: envisagé	: (1) et (2)	:
.Congo	: envisagé	:	:

MOYENS : Insister sur des moyens spécifiques déjà identifiables : en personnel complémentaire (vaccataire...); en équipement; en fonctionnement.

1 étudiant DEA à Avignon.

Equipement en rhizotrons, microscopes, appareil de mesure.

Frais de mise en place des cultures.

Frais de fonctionnement, de déplacement et de missions.

(1) Etat d'avancement des contacts pris :

Préciser : - envisagés, - déjà sollicités, - accord ferme

(2) Nature du partenariat :

- intervenant dans la réalisation courante des activités : (1)

- appui méthodologique dans le cadre de réunions, missions, etc... : (2)

Propositions du RRIM pour l'étude du système racinaire

- Objectif:** 1) Influence de la famille du porte-greffe sur la croissance et la production du greffon.
- 2) Influence de la famille du porte-greffe sur l'alimentation hydrique et minérale.
- 3) Influence du sol et de la région agroclimatique sur l'activité de différentes familles de porte-greffe.

- Méthodologie.** 1) Observations sur tranchées  
 2) Carottages  
 3) Excavation  
 4) Minirhizotrons et rhizotrons de terrain  
 5) Isotopes N 15

**Personnel** . Dr Abu Talib Bachik (coordinateur)  
 . Dr Ng AI Peng (physiologiste alimentation minérale )  
 . Dr Mohamad Abu Bakar (physiologiste alimentation hydrique)  
 . Dr Yew Foong Kheong (agronome sol-climat)

**Essais** 1) Champ:  
 4 familles PG(s/tr.) X 4 niveaux engrais(tr.) X 4 types sol  
 X 3rep X 2 zones(sèche et humide) 135 a/trait = **104 ha.**

Relevés: Racines(méthodes 1 à 5), circonf., sol, DF, densité foliaire, production.

2) Conteneurs en champs:  
 4 G X 4 PG X 4 types sol X 10 conteneurs = **160 conteneurs**

Racines et partie aérienne, potentiel hydrique, transpiration, IP.  
 Physique du sol.

3) Essais PG/G en cours.

**Calendrier** A1 Préparation conteneurs et pépinière,  
 A2 Planting,  
 A3 Mesures

<b>Coûts</b>	Fonctionnement	58.300	US\$	
	Equipement	156.100	\$	
	Déplacement et mission	27.100	\$	
	Personnel	41.700	\$	
	TOTAL	282.700	\$	soit 1.670.000 FF
	Contribution RRIM	168.000	\$	

Budget CEE: 200.000 ecus soit 1,4 M FF.