

Contribution à l'étude du système racinaire du bananier.

Mise au point de rhizotrons et premiers résultats.

C. LAVIGNE*

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU SYSTEME RACINAIRE
DU BANANIER.
MISE AU POINT DE RHIZOTRONS ET PREMIERS RESULTATS.
C. LAVIGNE.

Fruits, mai 1987, vol. 42, n° 5, p. 265-271.

RESUME - Deux systèmes de rhizotrons sont décrits, permettant l'étude des racines du bananier tout au long du cycle végétatif. Dans l'un, le bananier pousse sur un substrat solide, dans le second, les racines de la plante se développent dans un brouillard nutritif. Les premières observations sont présentées : émission de racines en fonction du stade de développement de la plante, croissance des racines. Un rythme endogène a pu être mis en évidence dans l'émission racinaire. Cette émission rythmique n'est pas modifiée par l'ablation de racines.

INTRODUCTION

Le système racinaire du bananier a été depuis longtemps un objet d'intérêt, puisqu'il est la source principale d'approvisionnement en eau et en éléments minéraux de la plante. Il a donc bénéficié, au même titre que le système foliaire, de l'attention des botanistes (ACQUARONE, 1930 ; RIOPEL et STEEVES, 1964) et des agronomes, qui ont étudié la distribution spatiale des racines (SUMMERVILLE, 1949 ; ROBIN et CHAMPION, 1962 ; BEUGNON et CHAMPION, 1966), l'effet des traumatismes mécaniques ou biotiques (LAVILLE, 1964) ou les besoins en eau (LASSOUDIÈRE, 1978).

Toutes les recherches en ce domaine se sont heurtées à la difficulté d'accéder à l'organe étudié sans en perturber le fonctionnement. Par ailleurs, l'effet des traitements expérimentaux est, dans la plupart des cas, contrôlé par une observation en aval (vitesse de croissance des feuilles, poids du régime) dans laquelle de nombreux paramètres interfèrent (lumière et température, par exemple).

Les observations directes des racines sont, quant à elles, semi-destructives (profils racinaires) ou totalement destructives (poids des racines). Ces techniques nécessitent en outre la mise en place de nombreuses répétitions du fait de l'extrême variabilité des individus au sein d'une même parcelle (GOUSSELAND, 1983). Enfin, les résultats restent indissociables des conditions de leur obtention, et sont donc difficilement transposables.

Pour pallier la variabilité entre individus, la présente expérimentation a porté sur le même bananier. La dynamique de croissance du système racinaire a été suivie tout au long du cycle végétatif, grâce à une technique non destructive et dans des conditions permettant l'observation parallèle des racines et des feuilles. Un système de ce type a été utilisé pour l'étude des racines du bananier (SWENNEN et coll., 1986) en culture hydroponique, les racines plongeant dans une solution nutritive aérée. Nous avons, pour notre part, choisi une technique susceptible d'apporter moins d'artefacts, en cultivant les bananiers sur un substrat solide d'une part et sur brouillard nutritif d'autre part.

MATERIEL ET METHODES

Deux types de rhizotrons ont été mis en place en éclairage naturel, dans les conditions de la station de l'IRFA en Guadeloupe (latitude 16°N, altitude 250 m) :

* - IRFA/CIRAD - Station de Neufchâteau - Sainte Marie
97130 CAPESTERRE BELLE EAU (Guadeloupe)

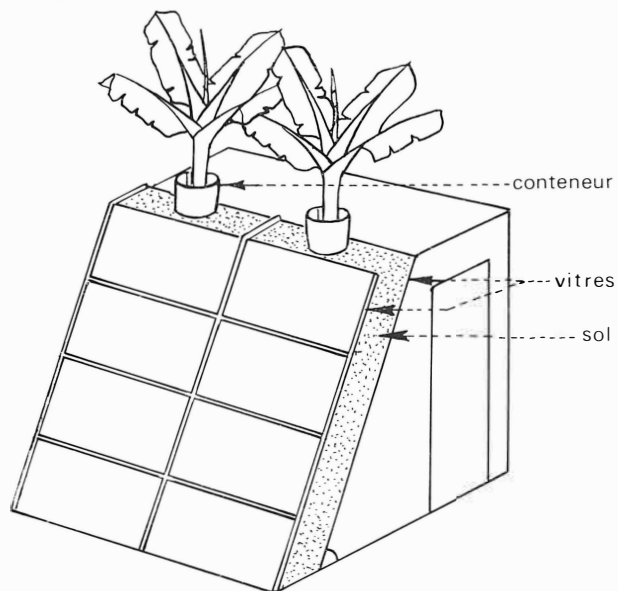


FIG. 1 • RHIZOTRON A SUBSTRAT SOL.



Photo 2 - Rhizotron à brouillard nutritif.



Photo 1 - Rhizotron à substrat sol.

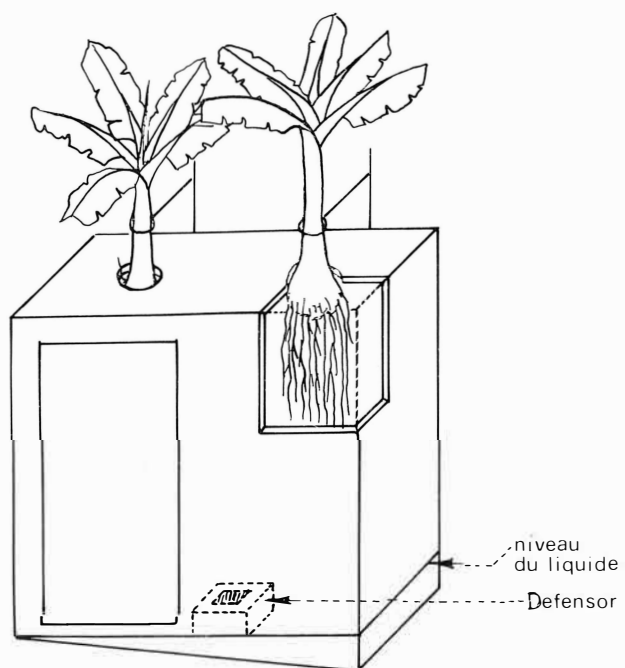


FIG. 2 • RHIZOTRON A BROUILLARD NUTRITIF.

- rhizotrons à substrat sol dans lequel les racines croissent en conditions très proches de celles du champ (figure 1 et photo 1).

- rhizotrons à «substrat brouillard», qui n'offrent aucune résistance aux méristèmes, ceux-ci étant simplement soumis à la pesanteur (figure 2 et photo 2).

Rhizotron à substrat-sol.

Deux appareils indépendants l'un de l'autre permettent l'observation simultanée de deux plantes. Le substrat est composé d'un mélange à parties égales de terreau, de sable de rivière et de tourbe. L'ensemble est tamisé, stérilisé et placé entre deux parois vitrées distantes de 20 cm et inclinées à 30° par rapport à la verticale. Le bulbe du bananier se développe dans un conteneur placé au-dessus du vitrage et les racines glissent sur la vitre inférieure une fois qu'elles l'ont atteinte, en raison de leur géotropisme positif et de leur phototropisme négatif.

L'eau et la fertilisation sont appliquées à la surface libre du sol.

De l'intérieur du dispositif, la totalité des racines émises peut ainsi être observée jusqu'à la récolte du régime.

Le système présente plusieurs inconvénients :

- la difficulté d'un remplissage homogène (phénomènes de tassements non contrôlés au cours du temps).

- l'existence de gradients de température horizontaux et non plus verticaux comme on en observe au champ.

- la manipulation des racines (ablation, par exemple), est malaisée bien que possible.

- on ne peut distinguer les racines du pied-mère de celles des rejets qui apparaissent au cours du cycle sans éliminer le substrat.

Grâce à ce système, deux rejets baïonnettes du cultivar Giant Cavendish (Géant du Honduras) ont été cultivés et observés pendant tout leur cycle végétatif, d'avril 1984 à janvier 1985.

Les observations réalisées ont été les suivantes :

- rythme d'émission des racines,
- vitesse d'allongement des racines,
- vitesse de croissance du cigare (feuille en cours d'émission)

A la récolte, on élimine le substrat par simple lavage et on dénombre les racines issues de bulbe originel et celles qui sont émises par les rejets.

Pour préciser l'origine des racines après la floraison de la plante, on réalise l'expérience suivante : l'un des deux appareils est divisé en deux secteurs dans le sens de la hauteur au moment de la floraison. Dans l'un des secteurs, le substrat et les racines qu'il contient sont enlevés. Le substrat débarrassé des racines par tamisage est stérilisé et remis en place.

A la récolte on dénombre les racines dans chaque secteur et on détermine leur point de sortie sur les différents bulbes, parent, fils et petits-fils.

Rhizotron à substrat-brouillard.

Dans cet appareil, un rejet baïonnette dont on a soigneusement supprimé les racines, est placé dans un panier métallique à très larges mailles, situé dans un orifice percé à la partie supérieure d'un caisson obscur. L'espace entre le bananier et le caisson est obstrué par une jupe de plastique noir. Les racines puisent l'eau et les éléments minéraux dans un brouillard obtenu par la brumisation d'une solution nutritive dont la composition (tableau 1) est dérivée des

TABLEAU 1 - Composition de la solution nutritive.

Ca (NO ₃) ²	1,640 g/l
NH ₄ NO ₃	0,480
KNO ₃	0,404
K ₂ SO ₄	0,348
KCl	0,296
Mg SO ₄	0,480
KH ₂ PO ₄	0,408
Fe SO ₄ , H ₂ O	6,11 mg/l
HBO ₃	3,4
Mn SO ₄ , H ₂ O	0,85
Zn SO ₄ , 7 H ₂ O	0,85
Cu SO ₄ , 5 H ₂ O	0,36
Na ₂ MoO ₄ , 2 H ₂ O	0,18

essais de culture sur sable (MARTIN PREVEL et CHARPENTIER, 1963). Elle est placée au fond de l'appareil et renouvelée chaque semaine. L'appareil à brumisation est du type Defensor. Son fonctionnement (20 secondes toutes les trois minutes pour le volume du caisson) est commandé par un cadenceur électronique.

La teneur en azote de cette solution a été déterminée en observant la courbe de croissance de la première feuille (cigare) ; c'est une sigmoïde dont la tangente au point d'inflexion a une pente qui varie selon la concentration en azote. La concentration choisie est celle qui donne une pente maximale au moment de la croissance des premières feuilles. Il est probable que la teneur en azote de la solution devrait être modifiée au cours du cycle de développement : l'expérimentation n'a pas encore été réalisée. On pourrait suivre le même schéma expérimental pour chaque élément minéral en suivant aussi bien la croissance du cigare que celle des racines primaires.

Dans ce dispositif, la manipulation des racines est aisée et celles-ci peuvent être observées dès leur sortie du bulbe.

Ainsi, deux bananiers du cultivar Giant Cavendish ont pu être suivis durant tout leur cycle de novembre 1983 à la fin de 1984.

Les observations suivantes ont pu être réalisées :

- rythme d'émission des racines,
- vitesse de croissance des racines,
- croissance du cigare permettant en particulier de révéler l'influence d'une suppression plus ou moins importante de racines,
- comportement d'une racine sectionnée.

L'un des bananiers sert de témoin ; il est simplement observé, tandis que l'autre a subi les diverses expériences de section et ablation de racines : ablation totale de toutes les racines au stade 4 feuilles et ablation partielle (38 racines sur 43) au stade 12 feuilles (la première feuille étant celle de largeur supérieure ou égale à 10 cm).

RESULTATS

Rythme d'émission des racines.

- en rhizotron sur sol

Les premiers apex sont visibles après environ un mois de culture et apparaissent pendant plusieurs jours. Une émission de racines peut ensuite être notée trois à quatre mois plus tard.

A la floraison, le bulbe témoin a émis environ 80 racines, les rejets fils et petits-fils possédant quant à eux 200 racines au total.

Sur l'autre plante, l'élimination de la moitié du système racinaire à la floraison n'est suivie d'aucune émission de racines de la part du pied-parent : toutes les émissions postérieures à la floraison sont le fait des rejets fils et petits-fils (13 racines importantes au total, dont deux appartenant au rejet principal).

Cette expérience montre que le pied-parent, au moment de la floraison, a perdu sa capacité rhizogène.

- en rhizotron à brouillard

Les rejets émettent leurs premières racines après quatre jours de culture ; on peut donc admettre avec BEUGNON et CHAMPION (1966) que ces racines étaient préformées dans le cortex et initiées sous la dominance du pied-mère.

Un mois plus tard, le nombre de racines primaires n'a pas augmenté (on en dénombre une quarantaine) et elles ont une longueur comprise entre 50 et 80 cm (photo 3). Cette phase d'installation du rejet est accompagnée de l'émission de feuilles larges (feuilles de plus de 10 cm dans la plus grande largeur, par opposition aux feuilles lancéolées).

Une deuxième poussée racinaire, qui semblerait propre à la jeune plante, se manifeste après deux mois de culture.

Quand les bananiers ont cinq mois, une troisième apparition de racines peut être notée, accompagnant l'émission de plusieurs rejets. Racines et rejets apparaissent alors sans interruption jusqu'à la fin de l'expérience (récolte du régime).

A la récolte :

- le bananier «témoin» possédait 266 racines issues du pied-parent lors des deux premières vagues, et de nombreuses racines produites par les 10 rejets-fils et 21 rejets petits-fils. Toutes ces racines étaient vivantes et en bon état sanitaire, quoiqu'en grande partie subérifiées. Le poids total de racines était de 14,5 kg.
- le bananier dont on avait supprimé une partie du système racinaire possédait quant à lui 5 racines provenant de son propre bulbe, tandis que les 6 rejets fils et les 23 rejets petits-fils avaient émis plus de 250 racines.

Le fait d'avoir supprimé un fort pourcentage du système racinaire n'a donc pas provoqué une émission subséquente de racines : l'émission de racines ne semble donc pas constituer une réponse à un stress, mais plutôt une étape programmée du développement de la plante.

Croissance des racines.

Sur sol comme sur brouillard, les mesures de croissance journalière et horaire ont montré un accroissement variant de 2 à 4 cm par 24 heures (figure 3). la croissance étant légèrement plus importante de jour (2 mm par heure) que de nuit (1,5 mm par heure) (figure 4). La vitesse d'allongement ne varie pas avec la longueur de la racine, mais en

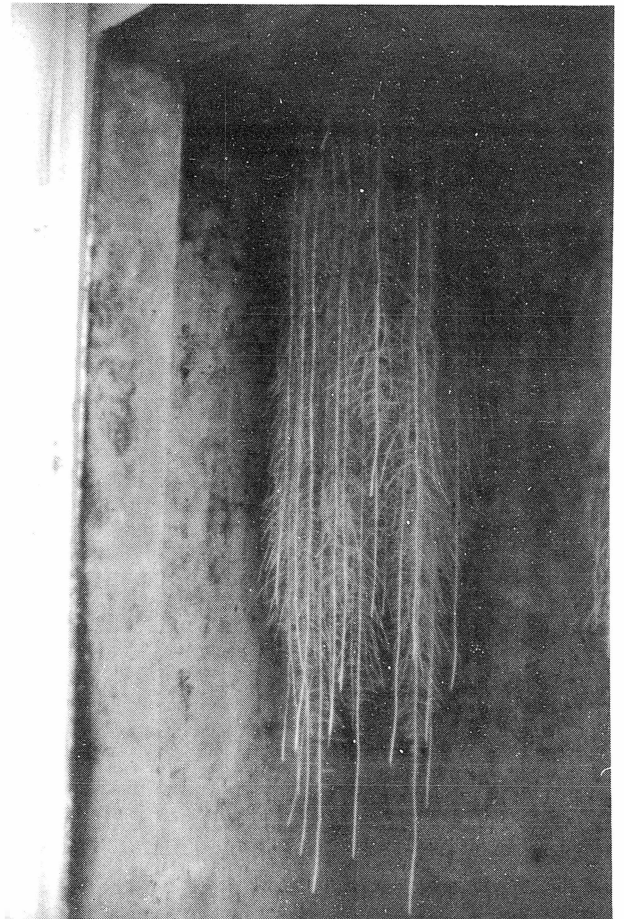


Photo 3 - Première poussée racinaire en rhizotron à brouillard.

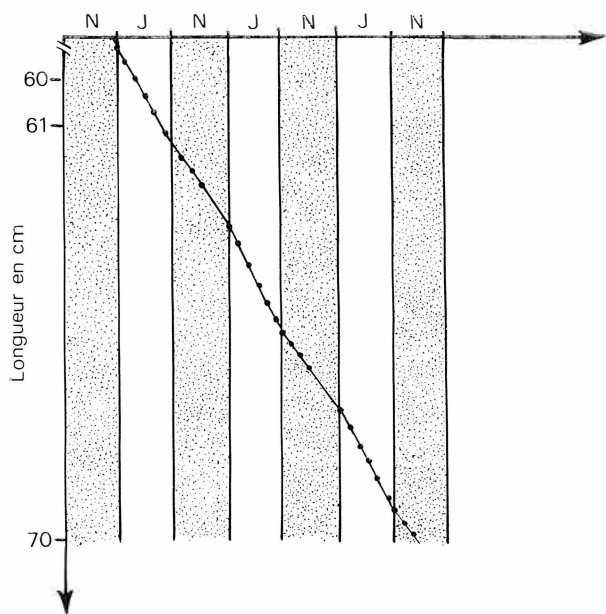


FIG. 3 • CROISSANCE HORAIRE DES RACINES CULTIVÉES SUR BROUILLARD NUTRITIF.

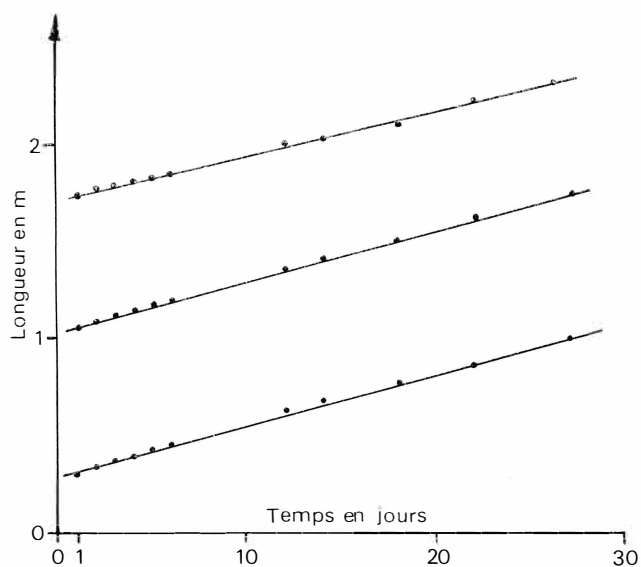


FIG. 4 • CROISSANCE JOURNALIÈRE DE RACINES SAINES CULTIVÉES SUR BROUILLARD NUTRITIF OU SUR SOL.

revanche, cette vitesse varie fortement avec l'état physiologique de l'apex, qui est très fragile : une manipulation trop brutale, une lumière trop violente ou un stress hydrique trop prononcé peuvent stopper totalement l'allongement. LASSOUDIÈRE (1978) observe dans les conditions du champ, une bonne relation entre l'état hydrique du sol et la vitesse de croissance des racines.

Sur brouillard, quand l'apex primaire est endommagé, une racine secondaire prend en général le relais (transfert de la dominance apicale). Les racines secondaires peuvent atteindre une longueur importante (supérieure à 1 m) en présence de l'apex primaire ; on a pu dénombrer 49 apex apparemment actifs pour 43 départs de racines sur le bulbe.

Si une racine est sectionnée à moins de 20 cm de l'apex, il y a apparition d'une ou plusieurs racines secondaires de remplacement. Il serait intéressant de connaître l'efficacité de ces racines de remplacement pour l'alimentation hydrique et minérale de la plante.

Si la section est pratiquée plus loin de l'apex, aucune racine n'apparaît, mais la racine primaire reste vivante. La dominance apicale subsiste donc après disparition de l'apex, si celui-ci l'a exercée pendant quelques jours.

Les racines arrivant au contact de la solution nutritive, au fond du caisson, émettent de nombreuses racines secondaires qui ne présentent pas de poils absorbants. Le bananier ne semble pas affecté par cette asphyxie partielle.

Relation entre systèmes racinaire et foliaire (rhizotron à brouillard).

Les observations du bananier «témoin» cultivé sur brouillard présentent une cinétique de croissance des feuilles d'aspect classique (courbes sigmoïdes). La longueur finale augmente régulièrement jusqu'à la montée du méristème (figure 5).

Le bananier dont les racines ont été sectionnées à deux reprises, plus ou moins sévèrement (figure 6), présente un nombre total de feuilles supérieur à celui de la plante non amputée. La surface foliaire totale des deux bananiers est sensiblement la même à la floraison, mais la plante témoin possède alors 34 feuilles, et la plante traitée 37. L'intervalle entre plantation et floraison est notablement plus long pour le bananier traité (13 mois, au lieu de 11 pour le témoin).

On peut donc penser avec SUMMERVILLE (1944) que l'initiation florale serait reliée plus à une surface foliaire produite et à l'insolation reçue qu'à un nombre de feuilles émises. Le passage de la phase végétative à la phase reproductrice pourrait alors être compris par l'effet des équilibres hormonaux.

La suppression totale des racines provoque l'arrêt immédiat de la croissance du cigare (figure 6). La croissance reprend avec l'apparition de la poussée racinaire suivante : il n'y a, là encore, pas de compensation après le stress.

Une suppression partielle de racines (5 racines en bon état apparent sont conservées sur un total de 40) provoque un ralentissement nettement visible de la croissance du cigare. La déformation des courbes de croissance des cigares 14 et 15 correspond à une variation accidentelle dans la composition de la solution nutritive et à un arrêt intempestif de la brumisation. Le nombre de racines émises par la plante peut donc être considéré comme pléthorique quand les conditions extérieures sont favorables.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

L'étude en rhizotrons montre qu'il existe dans les cinq premiers mois, deux vagues d'émission racinaire, suivies chacune d'une période d'allongement simple. L'émission

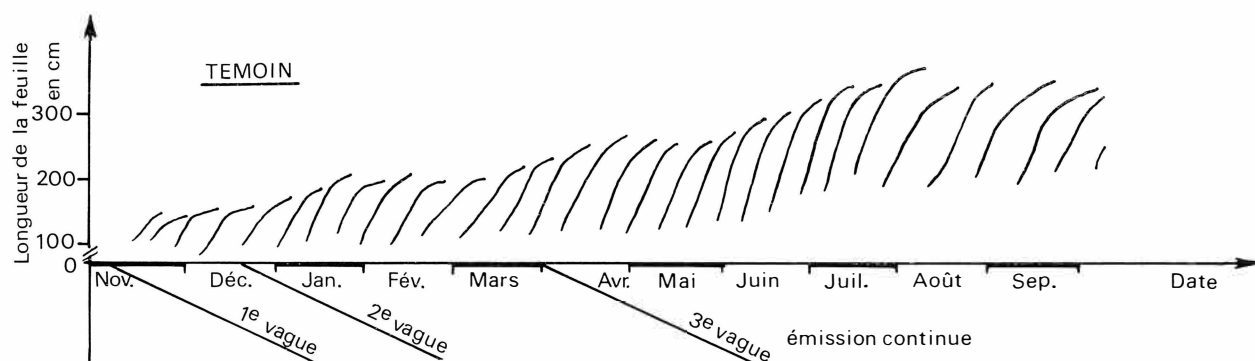


FIG. 5 • RHIZOTRON A BROUILLARD. CROISSANCE DES RACINES ET DES FEUILLES.

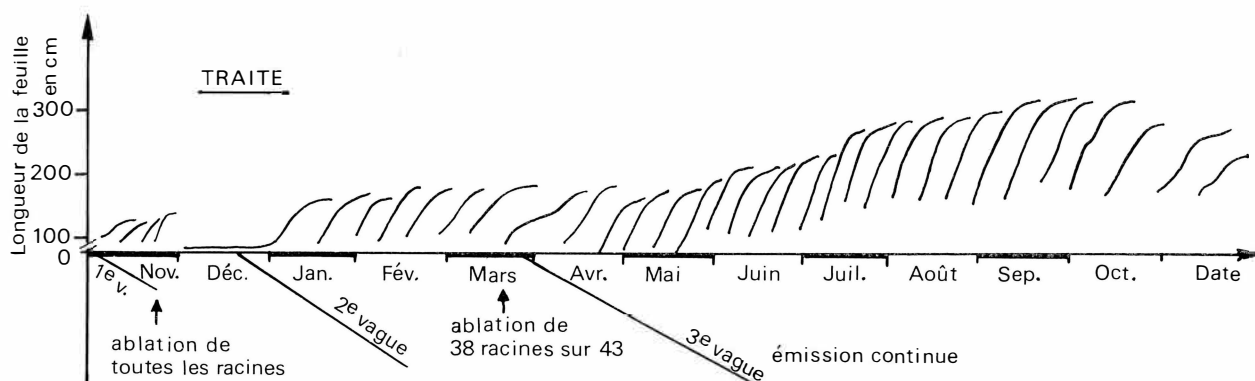


FIG. 6 • RHIZOTRON A BROUILLARD. INFLUENCE D'UNE ABLATION DE RACINES SUR LA CROISSANCE DES FEUILLES.

de racines est ensuite continue et s'accompagne de la formation de rejets.

Après la floraison, ce sont les rejets qui possèdent une capacité rhizogène importante : cette capacité semble perdue par la plante fleurie. Ce phénomène semble en contradiction avec la coutume qui tend à considérer le rejet comme un parasite du pied-mère ; il apparaît ici nécessaire au pied-parent à deux niveaux :

- stabilisation de la souche au moment où le régime est en train de grossir,
- alimentation du pied porteur en éléments minéraux et en eau quand ce dernier possède un système racinaire affaibli par les parasites.

Ce dernier point est en accord avec les expérimentations qui ont montré un passage de phosphore et de calcium du rejet vers la plante-mère (TEISSON, 1970). Ce passage n'est sans doute effectif que si le rejet est sous la dominance du pied-mère, ce qui correspond au stade rejet-baïonnette (bulbe à feuilles lancéolées).

Ces données doivent amener l'agriculteur à envisager sous un aspect différent la pratique de l'oieillonage.

L'existence d'un rythme dans l'émission racinaire implique une application raisonnée et non plus systématique de fertilisants et de pesticides. La date de l'apport devra être calculée non seulement en fonction des conditions climatiques, mais également du stade de développement de la plante. Une telle technique nécessite évidemment une culture homogène au niveau de la parcelle.

Les tests d'ablation d'une partie du système racinaire montrent que peu de racines actives suffisent à assurer l'alimentation en eau et en substances dissoutes, si les conditions d'environnement sont favorables. Il serait toutefois intéressant de relier le nombre de racines actives au poids et au nombre de doigts du régime.

Même si les conditions de culture en rhizotron à brouillard semblent éloignées de celles du champ, cet appareil permet d'envisager une série d'études où l'aspect dynamique sera fondamental (infestation par des nématodes ou des champignons, influence de la nutrition sur la croissance de l'appareil souterrain, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

- ACQUARONE (P.). 1930.
The roots of *Musa sapientium* L.
United Fruit Co. Research Bulletin, n° 26, 831-868.
- BEUGNON (M.) et CHAMPION (J.).
Etude sur les racines du bananier.
Fruits, 21 (7) 309-327.
- GOUSSELAND (J.).
Etude de l'enracinement et de l'émission racinaire du bananier
'Giant Cavendish» (*Musa acuminata* AAA, sous-groupe Cavendish)
dans les andosols de la Guadeloupe.
Fruits, 38 (9) 611-623.
- LAVILLE (E.). 1964.
Etude de la mycoflore des racines du bananier 'Poyo'.
I.- Etude du système racinaire.
Fruits, 19 (8) 435-449.
- LASSOUDIERE (A.). 1978.
Quelques aspects de la croissance et du développement du
bananier 'Poyo' en Côte d'Ivoire.
II.- Le système radical.
Fruits, 33 (5) 314-338.
- MARTIN-PREVEL (P.) et CHARPENTIER (J.M.). 1963.
Culture sur milieu artificiel : symptômes de carence en six
éléments minéraux chez le bananier.
Fruits, 18 (5), 221-247.
- RIOPEL (J.L.) et STEEVES (T.A.). 1964.
Studies on the roots of *Musa acuminata* cv. 'Gros Michel'.
I.- The anatomy and development of main roots.
Annals of Botany, 28 (111), 475-490.
- ROBIN (J.) et CHAMPION (J.). 1962.
Etude des émissions de racines de la variété de bananier 'Poyo'.
Fruits, 17 (2), 93-94.
- SUMMERVILLE (W.A.T.). 1944.
Studies on nutrition as qualified by development in *Musa
cavendishii* LAMBERT.
Queensland Agric. J., (1), 1-127.
- SUMMERVILLE (W.A.T.). 1949.
Roots distribution of the banana.
Queensland Agric. J., (10), 376-392.
- SWENNEN (R.) et col. 1986.
Study of the root development of some *Musa* cultivars in
hydroponics.
Fruits, 41 (9), 515-524.
- TEISSON (C.). 1970.
Conduction vers un bananier d'éléments minéraux absorbés par
son rejet.
Fruits, 25 (6), 451-454.

