

2^e PARTIE

Le système radical

QUELQUES ASPECTS DE LA CROISSANCE
ET DU DÉVELOPPEMENT DU BANANIER 'POYO'
EN CÔTE D'IVOIRE

2^e PARTIE. - LE SYSTÈME RADICAL

A. LASSOUDIÈRE

Fruits, mai 1978, vol. 33, n° 5, p. 314-338

RÉSUMÉ. - Études sur le système radical : méthodologie et résultats. Les deux faits principaux qui s'en dégagent sont les suivants :

1. En sol ferrallitique, les conditions hydriques ont une grande influence alors qu'en sol organique l'influence est limitée aux deux à trois mois suivant la replantation.

2. Une relation très nette s'observe entre les quantités de racines émises et le poids du régime. La période critique se situe à la reprise après mise en terre.

Ces résultats permettent de préciser l'importance de la période de replantation et l'utilité d'une alimentation hydrique bien adaptée au type de sol.

III - ÉTUDES DU SYSTÈME RADICAL

La littérature donne peu d'indications précises sur la vitesse de croissance journalière de chacune des racines et sur leur nombre en fonction du stade de développement de la plante et des conditions écologiques. La plupart des études ont été faites par extraction de racines, soit dans leur ensemble : CHAMPION et OLIVIER (22), ROBIN et CHAMPION (110), MOREAU et LE BOURDELLES (98), BEUGNON et CHAMPION (64), soit seulement d'une portion (le quart). Cette dernière technique permet de ne pas détruire les plantes et, dans certaines expériences, de tester l'influence de la suppression d'une partie des racines ou bien l'influence d'un ameublissement profond du sol : SIOUS-SARAM (121), CHAMPION et SIOUSSARAM (26).

III.1 - Méthodologie

L'expérimentation, menée depuis 1968 en Côte d'Ivoire, avait pour objectif d'étudier, d'un point de vue dynamique, la croissance des racines et de définir les liaisons entre croissance racinaire, croissance aérienne et climatologie. Cela imposait un choix parmi les techniques disponibles : SCHURMAN et GODEWAGEN (116), MAERTENS (81) et BALDY (7). On a retenu deux méthodes, adaptées à la plante : celles des **plaques transparentes** et la technique des **fosses racinaires**.

III.1.1 - Le dispositif des plaques transparentes

Utilisé notamment sur arbres fruitiers par ROGERS et HEAD (112), il est très simple, donc parfaitement adapté à nos conditions de travail sur le terrain pendant de longues

durées. Il s'agit de plaques de verre montées dans des cadres en bois, mesurant 105 × 60 cm chacune et placées verticalement. Les vitres sont isolées de la lumière par un panneau mobile en contreplaqué. En saison sèche, il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire contre l'échauffement en couvrant les panneaux avec des sacs humidifiés. Pour éviter l'entraînement du sol par l'eau, la fosse est recouverte avec des tôles amovibles. Le fond, légèrement en pente, permet l'évacuation de l'eau de drainage. Lors de la mise en place, le sol est reconstitué le mieux possible dans la zone de contact avec les vitres.

Les observations sont réalisées à des intervalles de temps variables selon les expérimentations. Elles comportent les mensurations suivantes :

- coordonnées de l'apex de la racine par rapport au bord supérieur droit de la vitre, dès qu'elle apparaît dans le champ d'observation. Les racines primaires sont numérotées selon leur ordre d'apparition, les secondaires sont repérées par des lettres dans l'ordre alphabétique. La croissance est donc calculable par les coordonnées successives prises pour le maximum de racines;

- longueur de la racine;

- notation de l'état de la racine (présence de nématodes).

Pendant le même temps, on relève la date de sortie de chaque feuille, ainsi que leurs dimensions. Régulièrement, on mesure la hauteur et la circonférence du faux tronc.

Cette méthode présente l'inconvénient de n'étudier que les racines de plus de 50 cm, ce qui entraîne des difficultés pour la mise en évidence d'une action sur l'émission. D'autre part, le contact racine-verre peut influencer sur la croissance (modification du milieu), mais la comparaison de nos mesures avec celles obtenues par d'autres auteurs ne confirme pas ce fait. C'est cependant le seul moyen relativement pratique pour analyser la vitesse d'allongement.

III.1.2 - La méthode des fosses racinaires

Définie et mise au point pour le bananier par CHAMPION et SIOUSSARAM (26), en Guadeloupe, elle consiste à observer le système radical de deux bananiers adjacents, situés sur la même ligne de plantation. De façon à ne pas trop perturber le développement des plantes, un quart seulement du volume de terre exploré par les racines d'un bananier est enlevé (fig. 11).

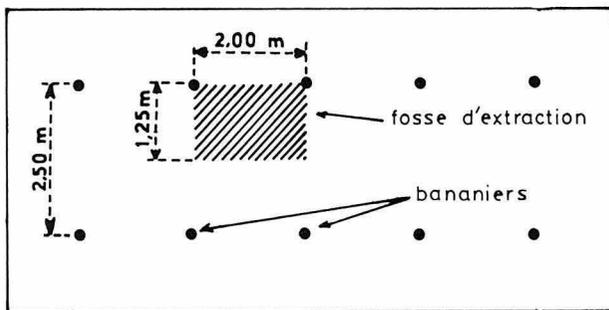


FIGURE 11 - Emplacement de la fosse d'extraction racinaire par rapport aux bananiers.

L'extraction de la terre se fait manuellement, avec le plus grand soin, soit par horizons définis, soit - dans notre cas - uniquement en fonction de la profondeur.

Pour chaque couche, la tourbe est émietlée et toutes les racines, quelles que soient leur taille et leur couleur, sont récoltées. Elles sont lavées, pesées et, dans certains cas, leur longueur totale et leur volume sont mesurés.

Cette technique demande beaucoup de temps. Elle permet cependant de prélever l'ensemble des racines apparues dans un volume donné. Elle peut apporter des indications intéressantes sur l'émission des racines, leur diamètre, leur densité, leur longueur totale, leur répartition et leurs caractéristiques par horizon. Malheureusement, elle ne peut se faire que sur des plants différents et les répétitions ne peuvent être nombreuses, vu le temps demandé par sa réalisation.

Les études ont été menées tout d'abord à la Station IRFA d'Azaguié, sur sol ferrallitique, puis au Niéky, sur sol organique.

- **Sur sol ferrallitique**, toutes les études ont été menées avec le dispositif de vitres.

Le premier travail consistait à étudier la croissance racinaire sur une replantation, afin de définir la validité de la méthode et d'apporter les premiers éléments de connaissance sur le développement des racines.

Ensuite on a cherché à préciser si la vitesse de croissance présentait une variabilité au cours de la journée.

A partir de ces essais de base, on a montré que l'irrigation avait une influence importante, de même que la composition du sol. Nous avons voulu vérifier ces deux points par deux études complémentaires :

- influence de l'arrosage,
- influence du substrat.

- **Sur sol organique**, nous avons adopté le même principe de travail. Le premier dispositif vitres, plus étoffé qu'à Azaguié, avait pour but d'étudier l'émission et la croissance racinaire sur deux cycles successifs.

Étant donné les variations observées dans la croissance des bananiers selon les saisons, une seconde expérimentation a été mise en place, permettant de comparer le système racinaire sur des plantations réalisées à des dates différentes.

Pour obtenir des renseignements complémentaires, nous avons réalisé, dans cette expérimentation, des fosses racinaires tous les mois.

En complément, on a recherché à définir l'influence du complexe drainage-irrigation, tout d'abord sur diverses bananeraies présentant des complexes drainage-irrigation différents, puis par un essai drainage.

III.2 - En sol ferrallitique

III.2.1 - Étude de base

Le dispositif comprenait 8 vitres (fig. 12). On pouvait observer ainsi les racines provenant de 6 bananiers plantés à 50 cm en retrait des vitres et distants de 1,50 m. L'ensemble du dispositif permettait d'étudier les racines correspondant à 1,7 bananier. En supposant le parcours à peu près rectiligne, les racines observées ont parcouru de 50 à 100 cm avant d'entrer en contact avec la paroi vitrée. L'ensemble est entouré de bananiers de bordure sur 6 lignes, assurant ainsi un microclimat homogène.

La plantation a été faite avec des rejets baïonnettes du cultivar 'Sérédou', très proche du 'Poyo'.

III.2.1.1 - Profils racinaires

Ce que nous appelons profil est la représentation graphique (exemple fig. 13 et 14) de l'ensemble de la croissance des racines primaires apparues au contact de la vitre au cours de chaque expérimentation. Ce n'est donc pas un profil à

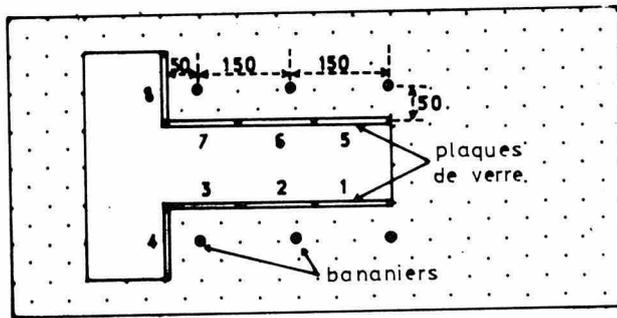


FIGURE 12 - Schéma du dispositif permettant l'observation de la croissance des racines primaires du bananier par le système des vitres (expérience menée sur sol ferrallitique à la station IRFA d'Azaguié).

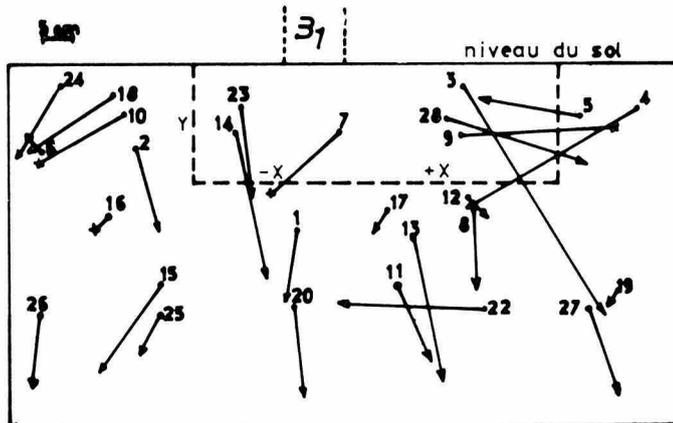


FIGURE 13 - Direction schématique des racines primaires dans la fenêtre 7, du 19/04 au 20/10/69

B_1-B_2 : Emplacement des bananiers (souche plantée 50 cm en arrière de la vitre)

Chiffres arabes: numéro d'ordre d'apparition des racines sur la plaque

* = racines nécrosées

→ = aucune nécrose à l'extrémité de la racine

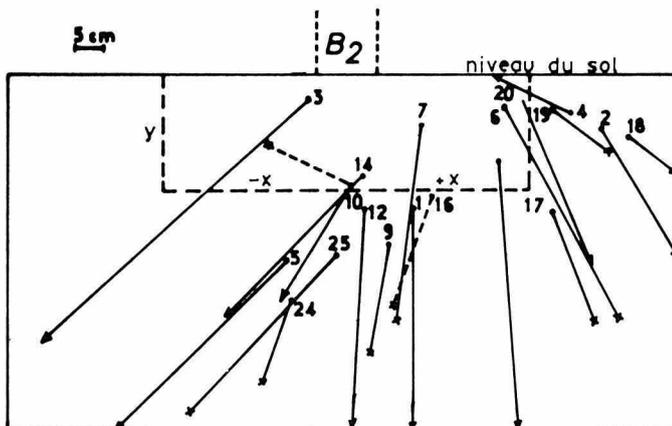


FIGURE 14 - Direction schématique des racines primaires dans la fenêtre 3, du 6/10/68 au 28/02/69

un moment donné. Il est probable que les racines arrivant perpendiculairement sont perturbées par suite d'un changement de direction trop important. Les racines localisées dans le rectangle dessiné sur les figures 13 et 14 ($X = 60$ cm et $Y = 20$ cm) subissent des contraintes : ce sont celles qui ont en terre un cheminement relativement court et direct.

Bien qu'on ait eu des doutes sur la valeur des observations faites dans la zone de contact verre-sol, la progression des racines y semble correcte et les données sont en bonne concordance avec les mesures de croissance faites par d'autres méthodes, celle des extractions totales en particulier.

Pour la plantation du 11 septembre 1968, le maximum d'apparitions de racines s'est produit en novembre, lorsque les bananiers étaient bien alimentés en eau, mais sans excès. Un autre pic, situé fin janvier, s'explique de la même façon.

Pour la plantation du 17 mars 1969, le maximum est observé fin juin-début juillet, c'est-à-dire à la fin de la grande saison pluvieuse. Ensuite, on constate une décroissance régulière jusqu'à la floraison.

III.2.1.2 - Croissance des racines primaires

L'allongement est observé pendant une durée variable (de 2 à 20 jours environ). Après un certain temps de contact avec la vitre, beaucoup de racines rentrent dans la terre et échappent aux observations. En conditions favorables, la vitesse de croissance, pour chaque racine, est régulière : on ne note pas de ralentissement très appréciable, sauf au moment de la rentrée en terre ou bien lorsqu'il y a nécrose.

- Plantation du 11 septembre 1968

Au cours des mois d'octobre et novembre, la croissance est bonne dans l'ensemble, puisqu'on observe des allongements de 2 à 3,5 cm/jour (fig. 15). Certains à-coups peuvent être attribués à l'état hydrique. Entre le 15 et le 22 octobre, avec des précipitations de 70 mm, l'allongement passe de 2,9 à 1,9 cm/jour/racine, pour remonter après ressuyage du sol à 2,5 cm/jour. Par contre, la pluie du 17 novembre (13,5 mm) paraît avoir un effet bénéfique : la croissance augmente de 2,0 à 3,2 cm/jour. Mais l'averse du 19 novembre intervient alors que le sol est pratiquement à la capacité au champ, d'où un manque probable d'aération, dont les effets se manifestent pendant plusieurs jours. On peut estimer qu'après une pluie de 30 mm, le sol met environ 48 heures pour se ressuyer, période pendant laquelle la croissance des racines est perturbée. Des pluies plus faibles, mais continues sur 6-7 jours, auraient les mêmes effets.

Les pics les plus nets se rencontrent après une irrigation de l'ordre de 35 mm. Trois cas sont survenus au cours

d'une saison sèche, avec de rares pluies entre les arrosages (fig. 15). La vitesse de croissance augmente deux jours seulement après l'irrigation et de façon progressive. Elle atteint une valeur maximum 6 à 8 jours après. A 10 jours, l'effet de la sécheresse se remarque à nouveau. Dans les conditions d'Azaguié, il serait donc préférable de faire des irrigations à des doses plus faibles et de fréquence accrue.

Il faut remarquer que, jusqu'au 20 novembre, le niveau général de croissance a été supérieur au niveau ultérieur au cours de la saison sèche. Cela signifie peut-être que, justement, le rythme des apports hydriques n'est pas optimum.

- Plantation du 17 mars 1969

Les racines ont des difficultés de croissance au cours de la forte saison des pluies de juin et début juillet (fig. 15). Cependant, l'interprétation des variations en dents de scie est souvent difficile, du fait qu'entre deux pluies le sol n'a pas toujours le temps de se ressuyer. Une diminution de la vitesse de croissance est souvent suivie d'une accélération, quand les conditions du sol redeviennent favorables (14-15 mai, 22-24 mai, 14-15 juin); mais on constate des exceptions, comme si l'effet sécheresse intervenait immédiatement. Les irrigations faites à la dose de 25 mm n'ont pas eu d'effets très nets, par suite d'une fréquence insuffisante.

III.2.1.3. - Caractéristiques des racines latérales

Elles prennent naissance sur les racines primaires issues de la souche du bananier. Elles sont, en général, fines, difficiles à observer, car nombreuses, et rapidement détruites. Leur développement varie selon l'état de la racine primaire. Nous en donnerons quelques exemples, parmi les plus typiques.

- Racines secondaires d'une racine primaire sans contraintes

Cette racine exerce une dominante apicale relativement forte et les racines secondaires n'apparaissent qu'au-delà de 15 cm à partir de l'apex. La longueur de ces racines est faible, leur croissance de courte durée et leur destruction par parasitisme rapide. L'allongement est important pendant les deux jours suivant la sortie, puis décroît rapidement (fig. 16 - racine 1). La nécrose intervient au bout de 6 à 10 jours (tableau 5 et fig. 17).

- Racines secondaires d'une racine primaire se nécrosant (fig. 16 - racine 2 et fig. 18).

La dominance apicale de la primaire ne s'exerçant plus, les racines latérales secondaires se développent, les plus importantes localisées à proximité de l'ancien apex. La dominance de ces dernières se manifeste progressivement sur les autres secondaires. On peut les considérer comme intermédiaires entre une véritable primaire et une secondaire, aussi bien pour le diamètre que pour la longueur. C'est ce que RIOPEL (108) nomme "secondaires indéterminées".

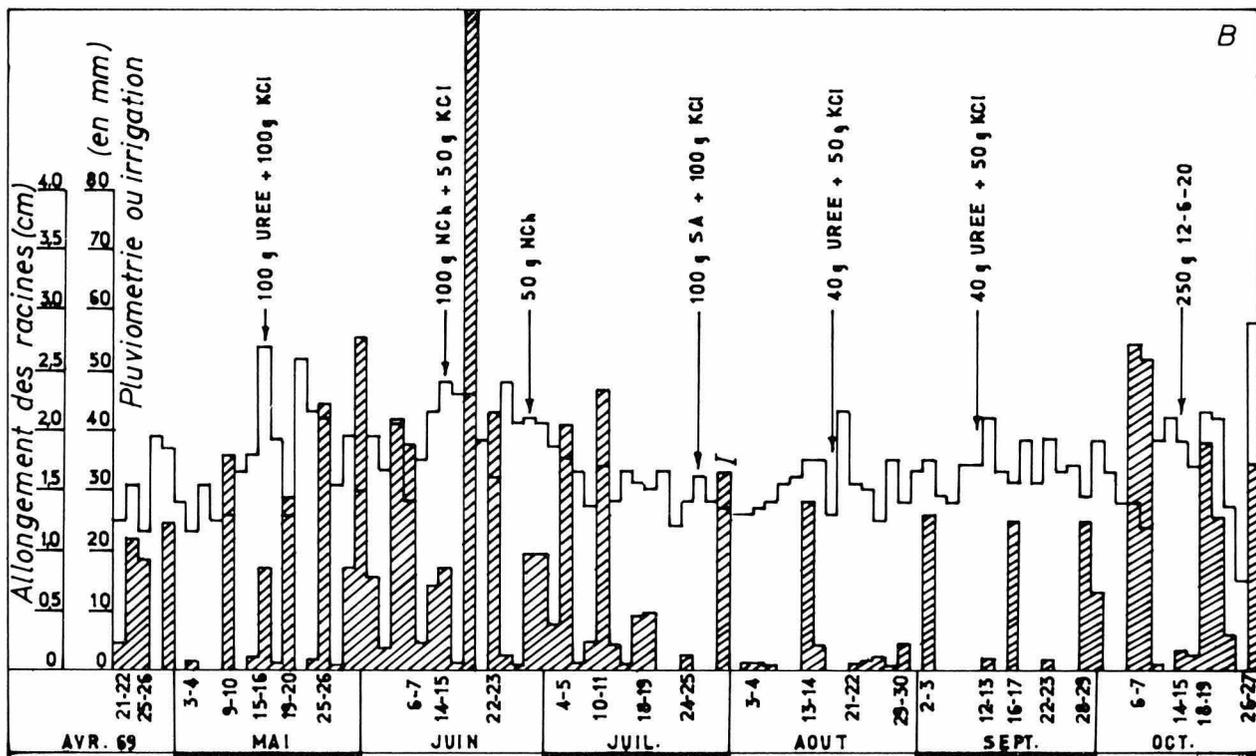
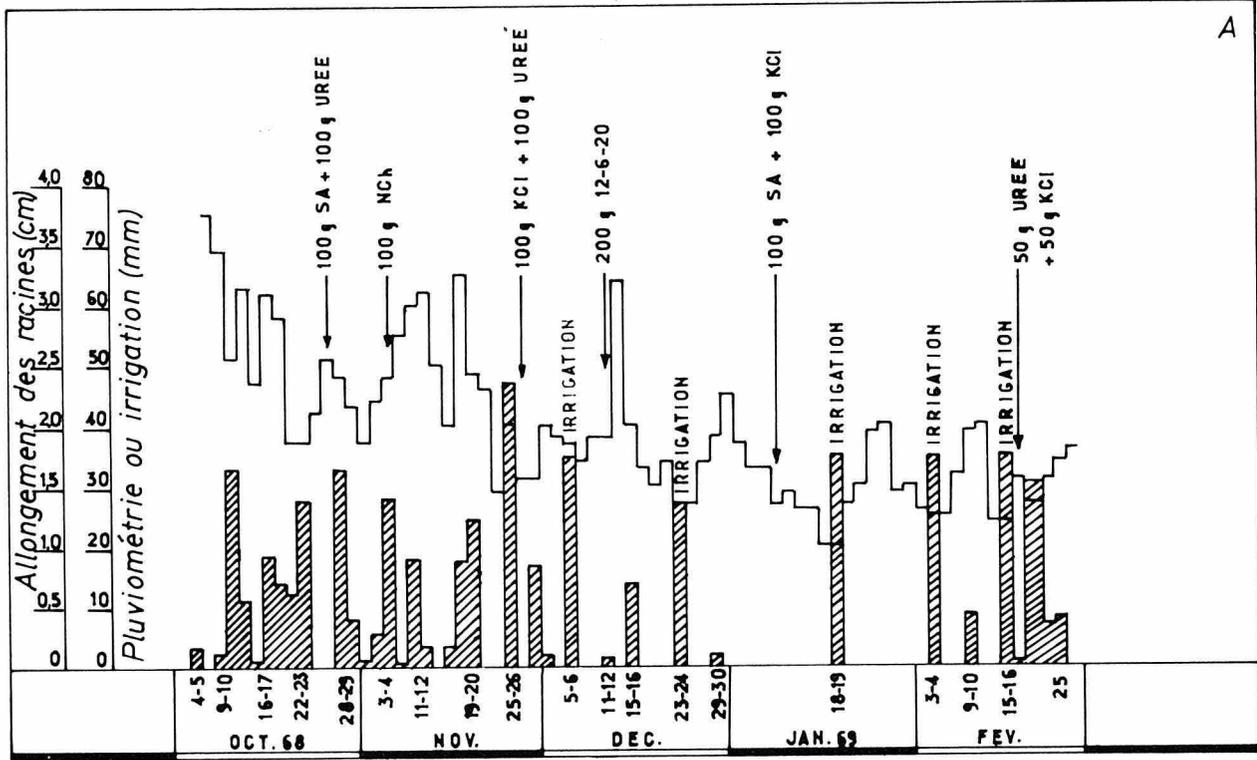


FIGURE 15 - Allongement journalier d'une racine calculé à partir des mensurations réalisées tous les deux jours sur l'ensemble des racines au contact des vitres; liaison avec la pluviométrie et l'irrigation.

Etudes menées en sol ferrallitique à la station IRFA d'Azaguié en 1968 et 1969

A = plantation du 11/09/68

B = plantation du 17/03/69

SA = sulfate d'ammoniaque, NCh = nitrate de chaux, KCl = chlorure de potasse



allongement des racines
(en cm/j/racine)



pluviométrie ou irrigation
(en mm/2j)

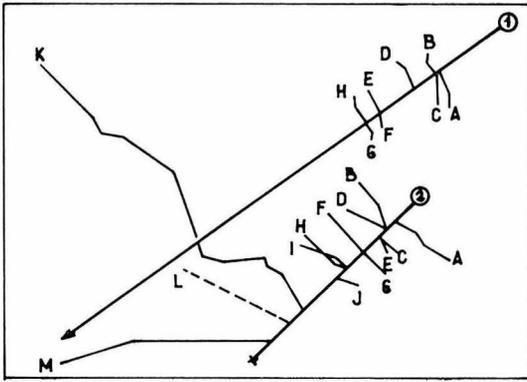


FIGURE 16 - Schéma montrant l'emplacement des racines secondaires et leur longueur, sur une primaire à croissance normale sans contraintes ① et sur une racine primaire se nécrosant ②

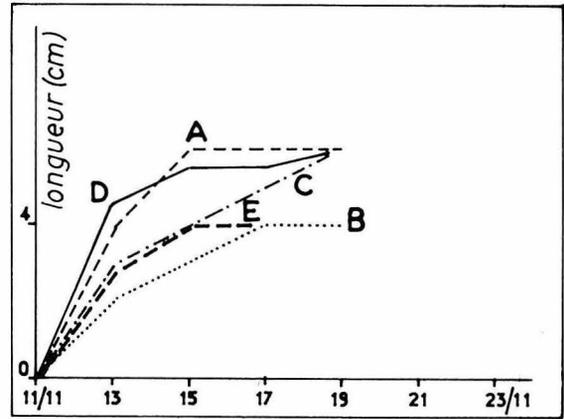


FIGURE 17 - Croissance en longueur des racines secondaires issues d'une racine primaire sans anomalies. La localisation de ces racines est donnée sur la figure 19, racine ①

TABLEAU 5 - Evolution de la longueur des racines secondaires d'une racine primaire normale sans contraintes (en cm)

Dates	Primaire ①	Racines secondaires							
		A	B	C	D	E	F	G	H
11/11	47	0	0	0	0	0	0	0	0
13/11	54	4	2	3	4,5	3	3	2	2
15/11	56	6	3	4	5,5	4	3,5	4	3
17/11	67,5	6	4	5	5,5	4	3,5	4	4,5
19/11	77	6	4	6	6	4	4	4	5
21/11	87	†	†	†	†	†	†	†	†
23/11	91,5								

† racine nécrosée

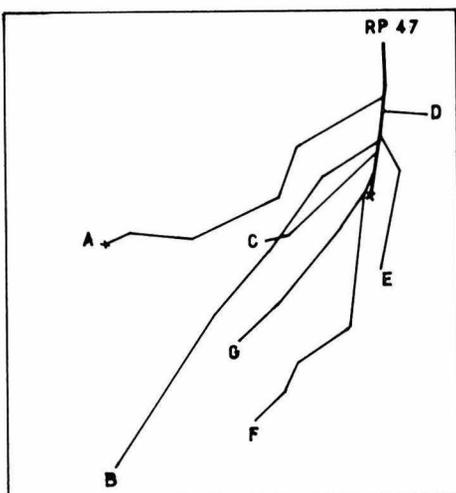


FIGURE 18 - Schéma indiquant la longueur des racines secondaires et leur emplacement sur une racine primaire dont l'apex se nécrose (comparer aux figures 19 et 20).

On observe le même phénomène lorsque la primaire subit des contraintes physiques (présence de cailloux, compaction élevée...). Une contrainte faible entraîne l'émission de quelques latérales courtes. Si elle est forte, l'apex est détruit et deux ou trois secondaires s'allongent (secondaires indéterminées).

D'une façon générale, une racine primaire en croissance active crée un gradient d'inhibition tout au long de son axe. Il semble exister deux niveaux critiques : celui où les latérales initiées poussent très peu et celui où, au contraire, elles ont un bon développement. L'importance du gradient est fonction de l'activité du méristème apical : il s'annule quand l'apex est nécrosé. Après la nécrose, les racines latérales proches de l'apex présentent le développement maximum, ce qui laisse supposer que le gradient, nul à l'apex, subsiste encore dans la dizaine de centimètres au-dessus. Dans ce cas, une ou deux racines secondaires croissent en longueur et diamètre et assurent ainsi le rôle de l'ancienne racine primaire, aussi bien pour l'absorption que pour les relations avec les autres secondaires. Le méristème des racines latérales reproduit ainsi les activités du méristème de la racine primaire.

Des études complémentaires seraient nécessaires, en particulier pour estimer si la croissance des racines secondaires compense la destruction de l'apex de la racine primaire. Ces racines ne permettraient-elles pas une meilleure utilisation du sol? En outre, quelle peut être l'influence sur l'absorption de l'eau et des éléments fertilisants? Ce sont des éléments qu'il faudrait connaître pour définir les techniques de travail du sol en cours de végétation, en liaison avec les disponibilités en eau.

III.2.1.4 - Conclusion

Les racines de bananier sont très sensibles aux conditions édaphiques. En saison pluvieuse, la croissance des racines est irrégulière, mais d'un niveau plus élevé qu'en saison sèche avec le type d'irrigation utilisé (aspersion au-dessus des bananiers). Il convient de rappeler que, dans ce sol de la station d'Azaguié, l'équilibre optimum entre l'air et l'eau est difficile à obtenir. On a constaté que des pluies de faible intensité, même de longue durée, ont une action moins nocive que de fortes irrigations. On peut penser que le niveau critique "asphyxique" doit être rapidement atteint, de sorte que la quantité d'eau arrivant au sol par unité de temps a une grande importance. Nos mesures de pluviométrie ne sont pas assez précises pour connaître ce facteur d'influence.

Il est très net que le déficit hydrique en saison sèche ralentit considérablement la croissance des racines. Les irrigations devraient être plus fréquentes pour obtenir une permanence de leur effet favorable et moins abondantes pour éviter l'effet, même très momentané, de nature asphyxique.

Les observations sur le comportement des racines sont intéressantes lorsqu'elles sont pratiquées sur chacune d'elles. Il serait nécessaire de contrôler la durée d'activité des racines latérales, dont le rôle est essentiel pour la nutrition, en opérant dans des conditions encore plus contrôlées, particulièrement pour le parasitisme. La méthode utilisée permet d'ailleurs un contrôle progressif des conditions du milieu, et l'utilisation éventuelle d'autres supports. Le seul inconvénient est de ne pouvoir observer que quelques racines, et comme on l'a indiqué dans une zone particulière de contact avec la vitre.

III.2.2 - Variation de l'allongement racinaire au cours de la journée

Par des mesures réalisées toutes les trois heures (2, 5, 8, 11, 14, 17, 20 et 23 heures), on a essayé de déceler un rythme journalier de croissance. Dans le même temps, l'allongement du cigare foliaire est observé. Les mesures rapportées ici ont été faites fin janvier-début février sur des bananiers ayant émis 17 à 20 feuilles de plus de 10 cm de large.

L'accroissement journalier moyen (entre 1,7 et 2,7 cm) est maximum entre 5 et 8 heures et minimum de 17 à 23 heures.

La comparaison des croissances journalières du cigare et des racines ne montre pas de relation nette entre les deux.

En exprimant la croissance, par tranches de trois heures, en pourcentage de l'allongement journalier, on observe des variations plus fortes pour le cigare que pour les racines (tabl. 6).

Sur des bananiers ayant émis 17 à 20 feuilles, les vitesses de croissance passent, au cours de la journée, par un seul maximum (fig. 19). On note un décalage d'environ trois heures entre la courbe racine et la courbe cigare. Mais, dans les deux cas, le maximum se situe très tôt le matin, respectivement entre 5 et 8 heures et entre 2 et 5 heures.

III.2.3 - Influence de l'arrosage

- L'essai, planté le 31-8-71, comportait trois traitements :
- 1 - témoin sans arrosage,
 - 2 - arrosage deux fois par semaine (70 l/plt à chaque fois),
 - 3 - arrosage une fois par semaine (140 l/plt).

III.2.3.1 - Nombre de racines en observation

Dès le mois d'octobre, on note des différences appréciables entre les traitements (fig. 20). Dans le témoin, les racines n'apparaissent au contact de la vitre que début novembre, alors que pour les T₂ et T₃, on observe un pic vers le 10 octobre.

Dans tous les cas, on note un arrêt de l'entrée des racines au contact des vitres entre le 5 et le 20 novembre, soit deux mois et demi à trois mois après plantation.

TABLEAU 6 - Cigare et racine.
Croissance par tranches de 3 heures (exprimée en % de la croissance journalière)

Tranches horaires	Racine	Cigare
08 à 11	14,9	8,3
11 à 14	13,6	10,0
14 à 17	12,2	11,7
17 à 20	10,0	10,6
20 à 23	9,0	11,7
23 à 02	10,9	15,0
02 à 05	12,2	20,7
05 à 08	17,2	12,7

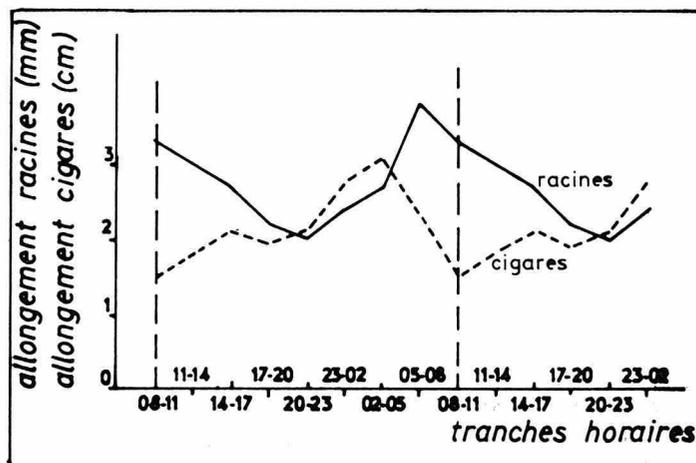


FIGURE 19 - Croissance d'une racine et d'un cigare par tranches de 3 heures (moyennes)

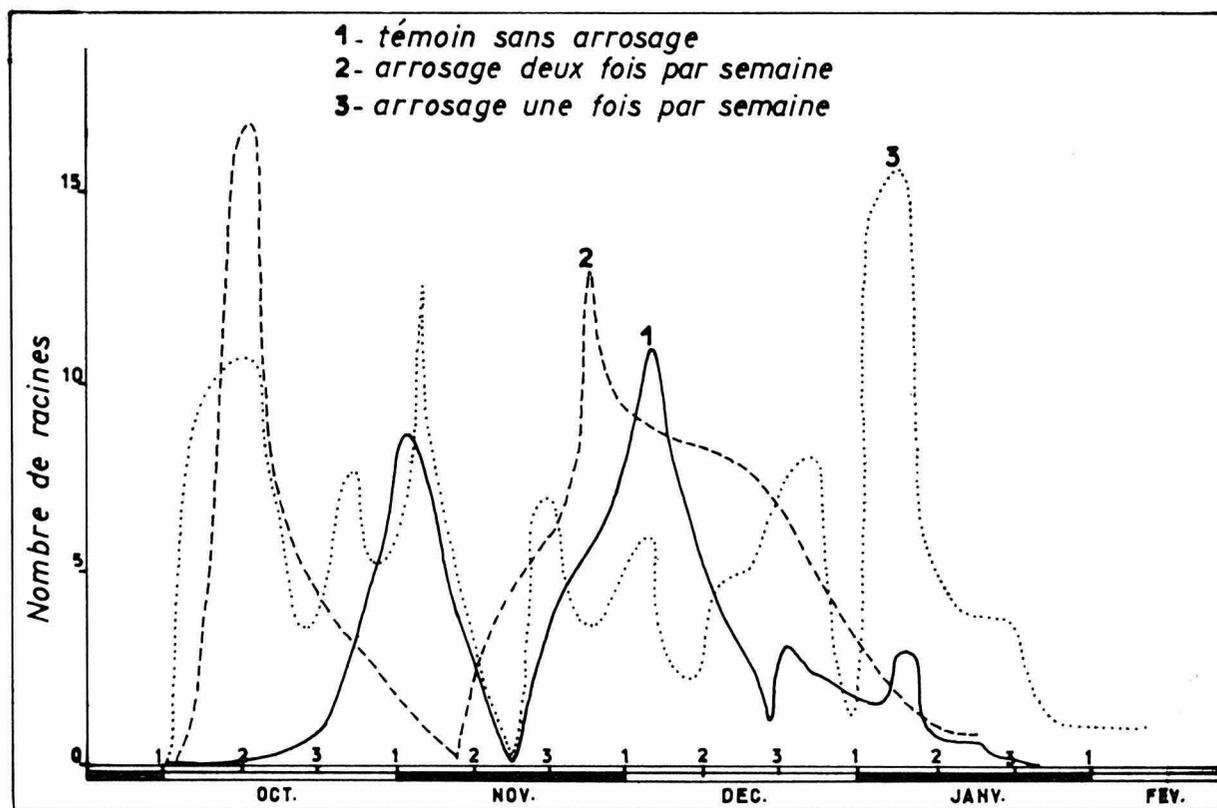


FIGURE 20 - Représentation schématique du nombre de racines arrivant au contact de deux vitres dans l'essai arrosage.

T₁ et T₂ présentent un maximum au début de décembre pour le premier et fin novembre pour le second. Ensuite, la quantité de racines décroît jusqu'à la floraison, mais plus rapidement pour T₁ que pour T₂.

Pour T₃, l'émission reste soutenue en décembre et une apparition importante a lieu au début de janvier. On constate un effet très favorable de l'arrosage hebdomadaire en janvier. Celui-ci, effectué deux fois par semaine avant le 15 décembre, ne donne pas de résultats positifs (pluies). On peut donc penser à un excès d'eau pour le traitement T₃, puisque T₂ donne une bonne production de racines.

III.2.3.2 - Croissance des racines

La croissance de chaque racine est éminemment variable d'un jour à l'autre, sans qu'il soit possible de l'expliquer d'une manière satisfaisante. On constate que, jusqu'à la fin de novembre, la croissance dans le traitement T₃ est inférieure aux autres. En revanche, en saison sèche, elle est meilleure. Cependant, après un mois de sécheresse, les écarts entre traitements s'amenuisent. On peut penser à une action du parasitisme, mais surtout que l'arrosage ne remplace pas une bonne pluviosité. L'irrigation limite seulement les effets de la sécheresse, mais ne permet pas un développement optimum (tabl. 7). Il n'en reste pas moins vrai que l'arrosage hebdomadaire est meilleur que l'absence d'arrosage ou qu'un apport deux fois par semaine, tant que la saison sèche n'est pas installée. En janvier, l'apport bi-hebdomadaire permet une croissance racinaire supérieure.

III.2.3.3. - Conclusion

Au point de vue émission radicale, l'action prépondérante des traitements peut être décomposée en trois effets :

- un effet positif de l'arrosage sur l'émission racinaire aussitôt après plantation. Pour le témoin, la reprise a été plus lente, si bien que le maximum d'émission est décalé de trois semaines;
- un effet positif d'un faible arrosage, en particulier fin octobre-début novembre, puis fin novembre et décembre;
- un effet favorable d'arrosages abondants en janvier, mais qui diminue pourtant en février (bananiers en floraison).

Pour la croissance journalière, le problème hydrique est primordial, surtout dans ces sols où l'écart entre teneur excessive et teneur insuffisante en eau est étroit. L'apport doit être fait fréquemment, mais à des doses relativement faibles, ce qui corrobore la conclusion de l'étude précédente.

Les mensurations de l'appareil aérien ont confirmé l'effet bénéfique de l'arrosage, tant sur la taille et la circonférence que sur les nombres de feuilles émises et vivantes. Les surfaces foliaires sont supérieures et la floraison plus précoce.

III.2.4 - Influence du substrat

Deux traitements sont comparés :

- T₁ : sol ferrallitique d'Azaguié labouré sur un mètre de profondeur.
- T₂ : sol ferrallitique d'Azaguié mélangé avec du sable (2/3 de terre pour 1/3 de sable).

L'arrosage est réalisé chaque soir, en fonction de la pluviométrie.

III.2.4.1 - Nombre de racines en observation

Le comportement des deux traitements est très différent. Les racines arrivant au contact de la vitre sont peu nombreuses dans T₂. Le maximum de racines après mise en terre est très net dans T₁ (fig. 21).

Les racines, dans T₂, sont apparues en profondeur et le faible nombre observé au contact des plaques pourrait peut-être s'expliquer par une pénétration plus profonde et verticale. Une autre hypothèse peut être faite en tenant compte de l'adjonction de sable. En sol sableux, les nématodes ont un développement beaucoup plus important et il est possible que l'infestation n'ait pas été contrôlée correctement.

III.2.4.2 - Croissance journalière

En début d'expérimentation, jusqu'en novembre, elle est meilleure pour la parcelle terre + sable (T₂). Par la suite, c'est plutôt l'inverse qui se produit (tabl. 8).

Cette expérimentation n'a pas apporté de résultats probants. Les causes en sont diverses.

Nous pensons surtout au rôle de l'adjonction de sable sur le comportement du sol :

- prolifération des nématodes,
- rétention d'eau plus faible.

La meilleure pénétration des racines n'a pas compensé ces conditions défavorables. Les poids moyens des régimes furent identiques dans les deux parcelles.

III.3 - En sol organique

III.3.1 - Étude de base

La méthodologie est du même type que celle utilisée à Azaguié sur sol ferrallitique. Le dispositif comporte 10 vitres, disposées en deux séries de cinq, ce qui permet l'observation de racines sur 6 bananiers (fig. 22).

L'essai est mis en place le 12-7-72, sur tourbe évoluée reposant, à 100 cm, sur de l'argile blanche. Le drainage est bon. On traite contre les nématodes tous les quatre mois.

Le matériel végétal est constitué de rejets baïonnettes de 4,0 à 4,5 kg de la variété 'Poyo'. En fin de premier cycle, le 7 avril 1973, les 6 bananiers près des vitres sont arrachés, puis replantés immédiatement aux mêmes emplace-

T₁ et T₂ présentent un maximum au début de décembre pour le premier et fin novembre pour le second. Ensuite, la quantité de racines décroît jusqu'à la floraison, mais plus rapidement pour T₁ que pour T₂.

Pour T₃, l'émission reste soutenue en décembre et une apparition importante a lieu au début de janvier. On constate un effet très favorable de l'arrosage hebdomadaire en janvier. Celui-ci, effectué deux fois par semaine avant le 15 décembre, ne donne pas de résultats positifs (pluies). On peut donc penser à un excès d'eau pour le traitement T₃, puisque T₂ donne une bonne production de racines.

III.2.3.2 - Croissance des racines

La croissance de chaque racine est éminemment variable d'un jour à l'autre, sans qu'il soit possible de l'expliquer d'une manière satisfaisante. On constate que, jusqu'à la fin de novembre, la croissance dans le traitement T₃ est inférieure aux autres. En revanche, en saison sèche, elle est meilleure. Cependant, après un mois de sécheresse, les écarts entre traitements s'amenuisent. On peut penser à une action du parasitisme, mais surtout que l'arrosage ne remplace pas une bonne pluviosité. L'irrigation limite seulement les effets de la sécheresse, mais ne permet pas un développement optimum (tabl. 7). Il n'en reste pas moins vrai que l'arrosage hebdomadaire est meilleur que l'absence d'arrosage ou qu'un apport deux fois par semaine, tant que la saison sèche n'est pas installée. En janvier, l'apport bi-hebdomadaire permet une croissance racinaire supérieure.

III.2.3.3. - Conclusion

Au point de vue émission radicale, l'action prépondérante des traitements peut être décomposée en trois effets :

- un effet positif de l'arrosage sur l'émission racinaire aussitôt après plantation. Pour le témoin, la reprise a été plus lente, si bien que le maximum d'émission est décalé de trois semaines;
- un effet positif d'un faible arrosage, en particulier fin octobre-début novembre, puis fin novembre et décembre;
- un effet favorable d'arrosages abondants en janvier, mais qui diminue pourtant en février (bananiers en floraison).

Pour la croissance journalière, le problème hydrique est primordial, surtout dans ces sols où l'écart entre teneur excessive et teneur insuffisante en eau est étroit. L'apport doit être fait fréquemment, mais à des doses relativement faibles, ce qui corrobore la conclusion de l'étude précédente.

Les mensurations de l'appareil aérien ont confirmé l'effet bénéfique de l'arrosage, tant sur la taille et la circonférence que sur les nombres de feuilles émises et vivantes. Les surfaces foliaires sont supérieures et la floraison plus précoce.

III.2.4 - Influence du substrat

Deux traitements sont comparés :

- T₁ : sol ferrallitique d'Azaguié labouré sur un mètre de profondeur.
- T₂ : sol ferrallitique d'Azaguié mélangé avec du sable (2/3 de terre pour 1/3 de sable).

L'arrosage est réalisé chaque soir, en fonction de la pluviométrie.

III.2.4.1 - Nombre de racines en observation

Le comportement des deux traitements est très différent. Les racines arrivant au contact de la vitre sont peu nombreuses dans T₂. Le maximum de racines après mise en terre est très net dans T₁ (fig. 21).

Les racines, dans T₂, sont apparues en profondeur et le faible nombre observé au contact des plaques pourrait peut-être s'expliquer par une pénétration plus profonde et verticale. Une autre hypothèse peut être faite en tenant compte de l'adjonction de sable. En sol sableux, les nématodes ont un développement beaucoup plus important et il est possible que l'infestation n'ait pas été contrôlée correctement.

III.2.4.2 - Croissance journalière

En début d'expérimentation, jusqu'en novembre, elle est meilleure pour la parcelle terre + sable (T₂). Par la suite, c'est plutôt l'inverse qui se produit (tabl. 8).

Cette expérimentation n'a pas apporté de résultats probants. Les causes en sont diverses.

Nous pensons surtout au rôle de l'adjonction de sable sur le comportement du sol :

- prolifération des nématodes,
- rétention d'eau plus faible.

La meilleure pénétration des racines n'a pas compensé ces conditions défavorables. Les poids moyens des régimes furent identiques dans les deux parcelles.

III.3 - En sol organique

III.3.1 - Étude de base

La méthodologie est du même type que celle utilisée à Azaguié sur sol ferrallitique. Le dispositif comporte 10 vitres, disposées en deux séries de cinq, ce qui permet l'observation de racines sur 6 bananiers (fig. 22).

L'essai est mis en place le 12-7-72, sur tourbe évoluée reposant, à 100 cm, sur de l'argile blanche. Le drainage est bon. On traite contre les nématodes tous les quatre mois.

Le matériel végétal est constitué de rejets baïonnettes de 4,0 à 4,5 kg de la variété 'Poyo'. En fin de premier cycle, le 7 avril 1973, les 6 bananiers près des vitres sont arrachés, puis replantés immédiatement aux mêmes emplacements.

TABLEAU 7 - Influence de l'irrigation sur la croissance des racines (nombre et allongement journalier)

Mois et Décade	Nb.moyen de racines en observation			Allongement moyen/j/racine (cm)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	
Oct.	1	0	5,3	7,6	-	3,4	2,8
	2	0,1	8,5	7,2	-	2,6	2,8
	3	2,8	4,4	6,0	3,1	1,9	2,9
Nov.	1	7,1	1,6	7,5	2,6	2,4	2,3
	2	2,1	3,7	2,7	3,1	1,6	2,4
	3	5,0	8,6	4,8	2,0	2,4	2,0
Déc.	1	8,6	8,0	4,1	1,8	2,4	3,2
	2	3,6	7,8	4,1	1,8	1,8	2,7
	3	2,6	5,6	6,1	1,3	1,8	2,0
Jan.	1	2,2	2,3	12,1	1,5	1,4	2,0
	2	1,0	1,0	4,2	1,0	2,0	2,3
	3	-	-	1,6	-	-	0,8
Fév. 1	-	-	1,0	-	-	1,6	

T₁ = pas d'arrosage, T₂ = arrosage hebdomadaire, T₃ = arrosage bi-hebdomadaire

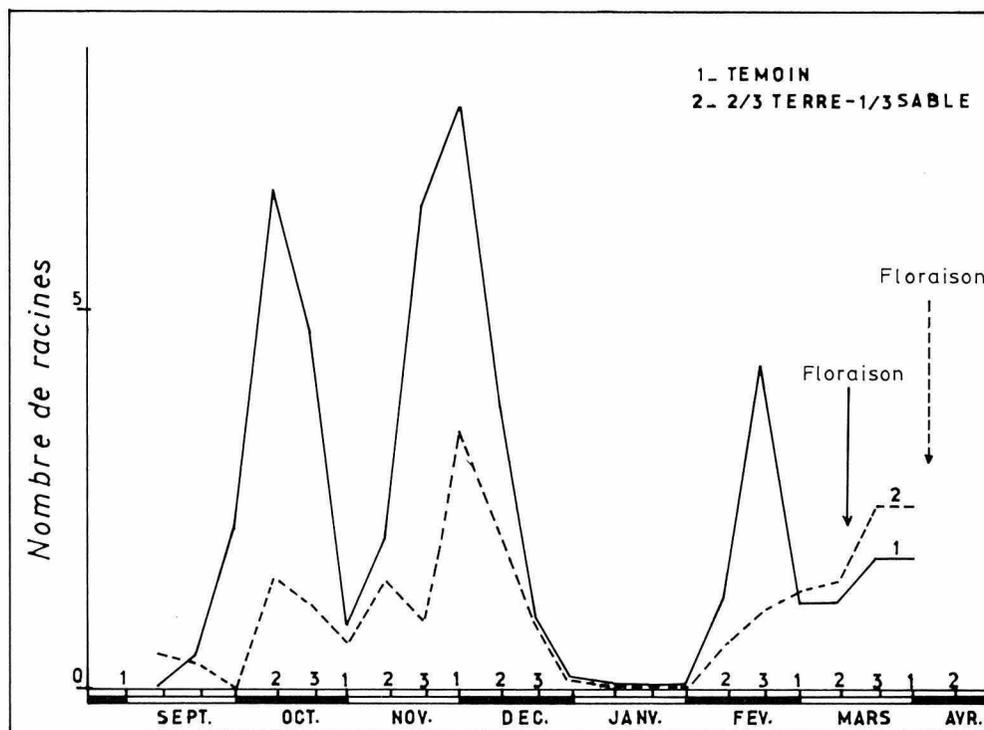


FIGURE 21 - Nombre de racines observées par jour (établi à partir des totaux décennaires) dans l'essai substrat.

TABLEAU 8 - Caractéristiques du système racinaire dans l'essai substrat

Mois	Nombre de racines observées/jour		Croissance en cm/jour/racine	
	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
Sept.	0,2	0,3	2,3	2,4
Oct.	4,5	0,8	2,2	2,7
Nov.	3,1	0,9	1,6	1,7
Déc.	4,1	2,1	2,1	2,0
Janv.	0,1	0,0	0,4	0,0
Févr.	1,9	0,6	1,9	2,2
Mars	1,3	1,7	2,0	1,6

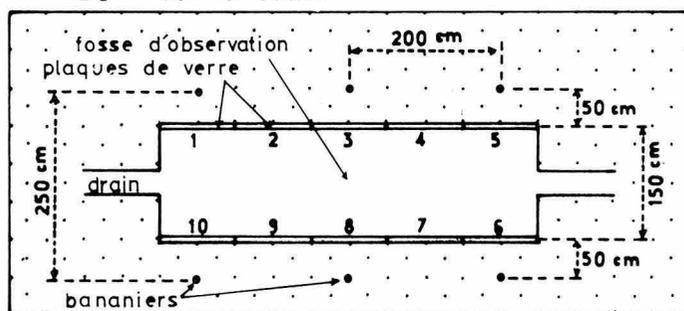
T₁ = terre seuleT₂ = 2/3 terre + 1/3 sable

FIGURE 22 - Dispositif de l'étude de base du système racinaire derrière vitres en sol organique (IRFA Niéky).

ments, ce qui permet d'étudier l'à-coup de végétation produit. Notons que, lors de l'arrachage, toutes les vieilles racines sont coupées.

Taux et vitesse de croissance en taille augmentent régulièrement jusqu'au 15 novembre (fig. 23 A). Un ralentissement très net s'observe en seconde quinzaine de novembre et, à partir du 15 décembre, la croissance en taille diminue jusqu'à la floraison qui se produit en janvier. Au cours du second cycle, on assiste à un ralentissement, de fin janvier à fin février, avec une bonne reprise en mars.

La croissance du cigare (fig. 23 B) pendant le premier cycle n'est pas particulièrement ralentie à ces périodes. La courbe est globalement du type "Gauss".

Pour la croissance racinaire, la vitesse journalière, calculée à partir des totaux sur 15 jours, ne présente pas de phase remarquable. On note un ralentissement progressif du début à la fin de chaque cycle (fig. 23 B).

III.3.1.1 - Profils racinaires

Pour la majorité des racines, l'axe de progression est oblique et orienté vers le bas. Le profil observé est relativement bien prospecté lorsque la distance vitre-banancier est comprise entre 50 et 100 cm. A plus longue distance, les racines sont surtout en profondeur. Le cheminement ne rencontre pas d'obstacle important dans ce type de sol à densité apparente faible. Lorsqu'une racine s'oriente vers la surface du sol, il est probable qu'il y ait une liaison avec la

contrainte imposée lors de l'arrivée au niveau du point de contact.

III.3.1.2 - Courbes de croissance

La croissance est régulière; les paliers observés en fin de courbe correspondent soit à la nécrose de la racine, soit à sa disparition du champ d'observation. Nous ne tiendrons pas compte de ce palier lors des calculs de croissance journalière.

A quelques exceptions près, les vitesses d'allongement sont voisines d'une racine à l'autre, à une période donnée.

- **Le nombre de nouvelles racines arrivant au contact des vitres à un instant donné n'est pas en relation directe avec les conditions écologiques à ce moment-là.** Il est lié à des causes antérieures agissant au niveau du bulbe, puisqu'avant d'arriver à la vitre, la racine a parcouru au minimum 50 cm, plus souvent 80 à 100 cm et même davantage.

Les premières racines apparaissent sur les plaques un mois après plantation. Leur quantité augmente jusqu'à 90 jours (fig. 24), puis décroît jusqu'à un minimum en novembre. Après un nouveau maximum entre le 10 et le 20 décembre, elle diminue jusqu'à la floraison (24 janvier 1973) pour se stabiliser en février-mars. Les racines émises proviennent alors du rejet. Après replantation début avril, l'évolution est de même type qu'en premier cycle : le premier maximum s'observe fin mai et le second mi-juillet.

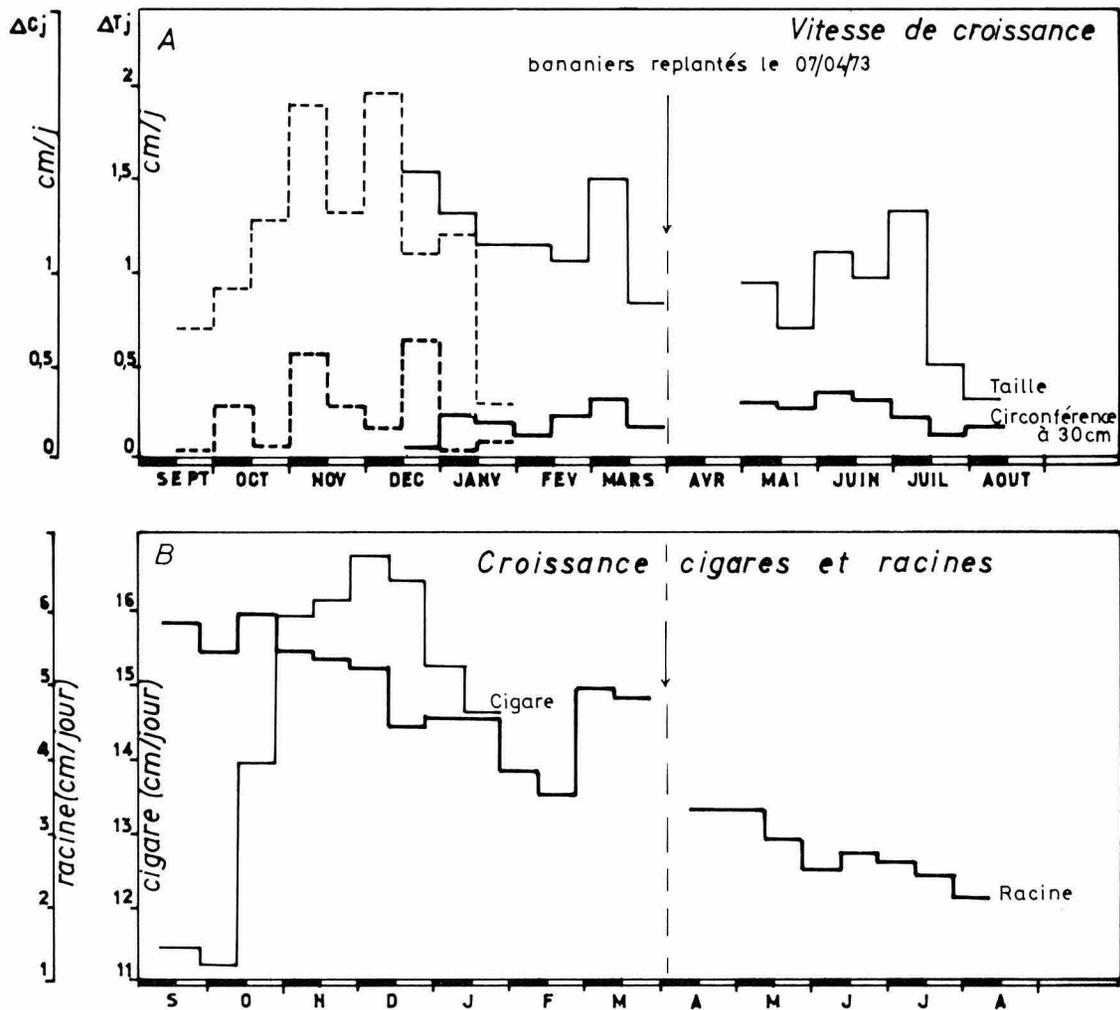


FIGURE 23 - Etude de base du système racinaire en sol organique.
A = vitesse de croissance du faux-tronc (taille et circonférence à 30cm)
B = croissance moyenne du cigare et des racines.
 ----- = 1er cycle, ————— = 2ème cycle.

Si l'on ne considère que l'allure globale des courbes, l'observation la plus intéressante correspond à la variation du nombre des racines émises après replantation. Les premières racines observées seraient déjà formées et en cours de progression dans la souche. Leur croissance serait donc peu influencée par la transplantation. Celle-ci, par contre, stopperait la formation de nouvelles racines au niveau du pérycle pendant au moins un mois. Le second maximum correspondrait donc à la reprise de l'initiation racinaire au niveau de la souche.

- La croissance journalière moyenne de chaque racine varie de 1,7 à 3,6 cm (fig. 25). Dès l'apparition des premières sur la vitre (2^e décade d'août 72) et jusqu'à fin septembre, la vitesse augmente; elle décroît ensuite jusqu'en

février. Les variations d'une décade à l'autre sont relativement importantes. La pluviométrie n'a pas d'effet sensible. On n'a pas pu relier la croissance des racines à la climatologie décadaire. La comparaison avec l'allongement du cigare en premier cycle ne donne pas non plus d'indications intéressantes.

III.3.1.3

On a pu comparer la croissance des racines saines à celle des racines se nécrosant (fig. 26). La vitesse d'allongement se ralentit progressivement et l'inhibition des racines primaires diminue également.

- La croissance journalière totale des racines en observation, de 1 cm/jour à la mi-août, atteint un maximum de

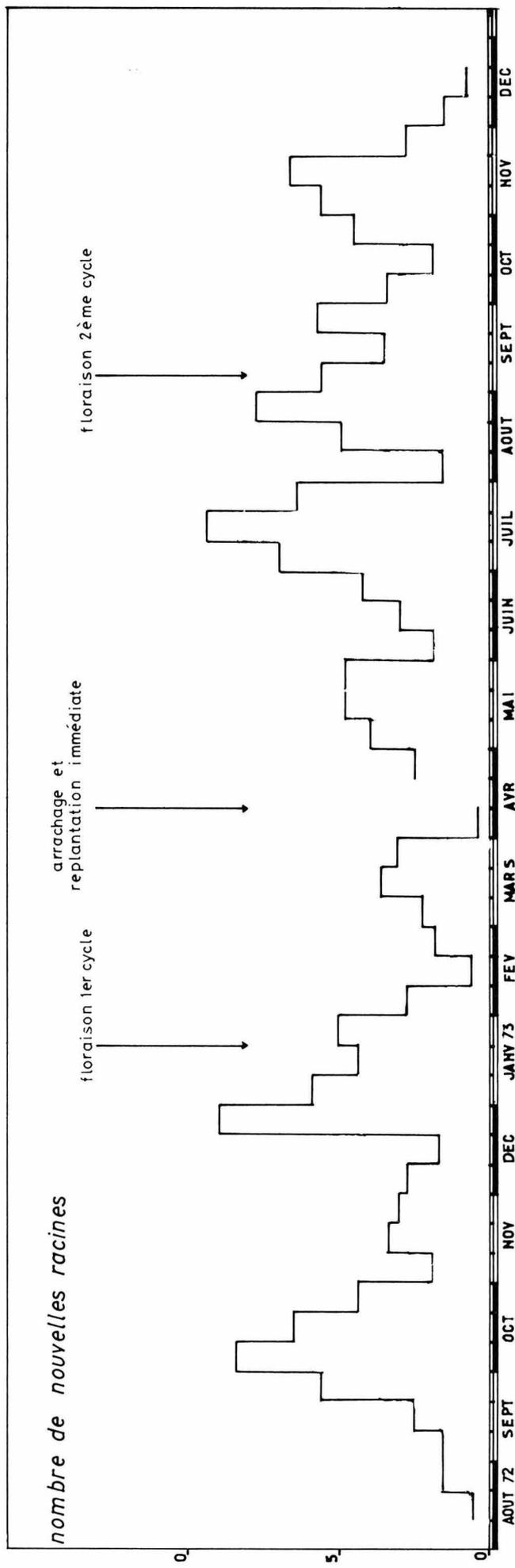


Figure 24 - Nombre de racines primaires arrivant au contact des vitres en fonction de l'âge du bananier (essai mené en sol organique).

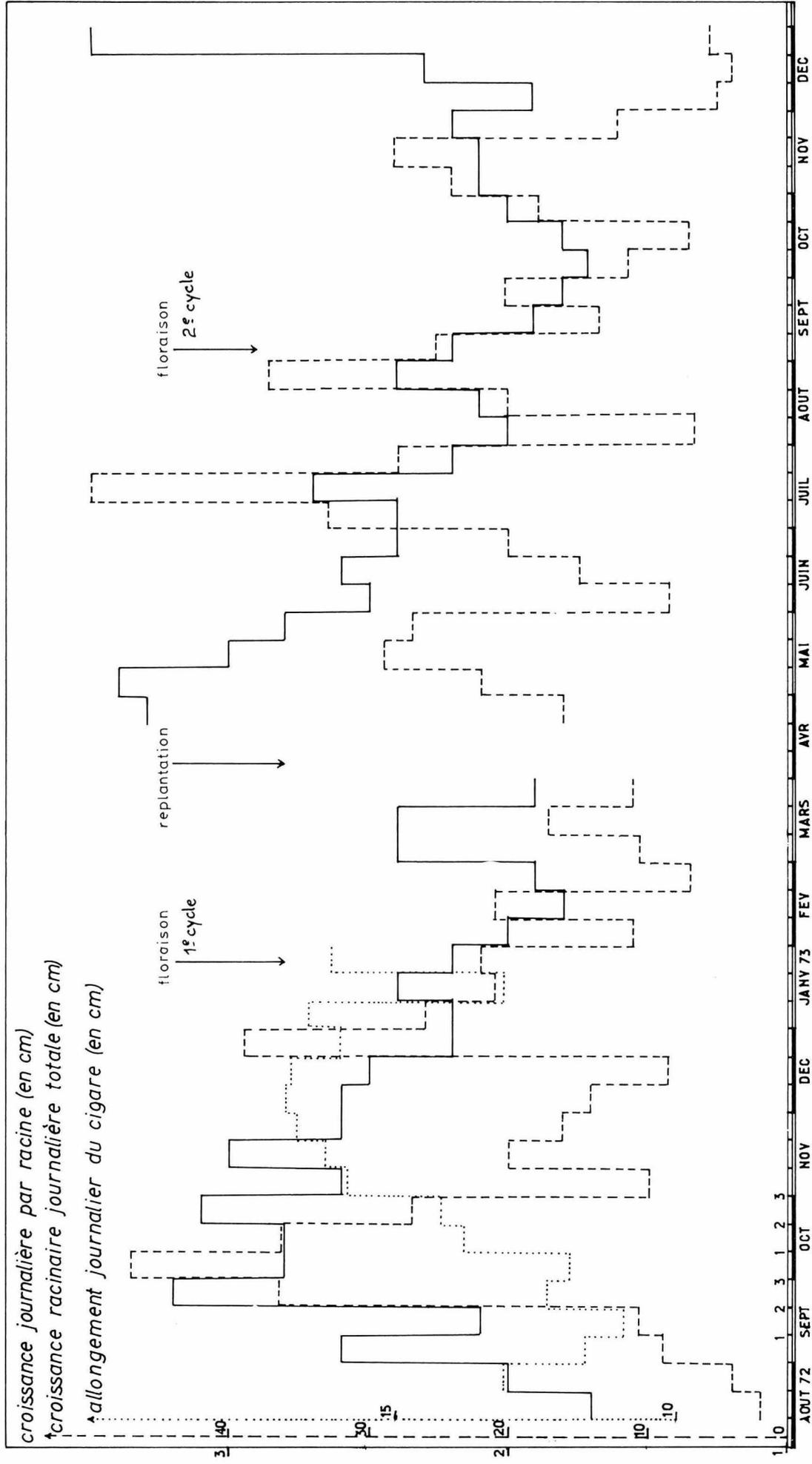


Figure 25 - Croissance journalière des racines primaires derrière vitres (sol organique).

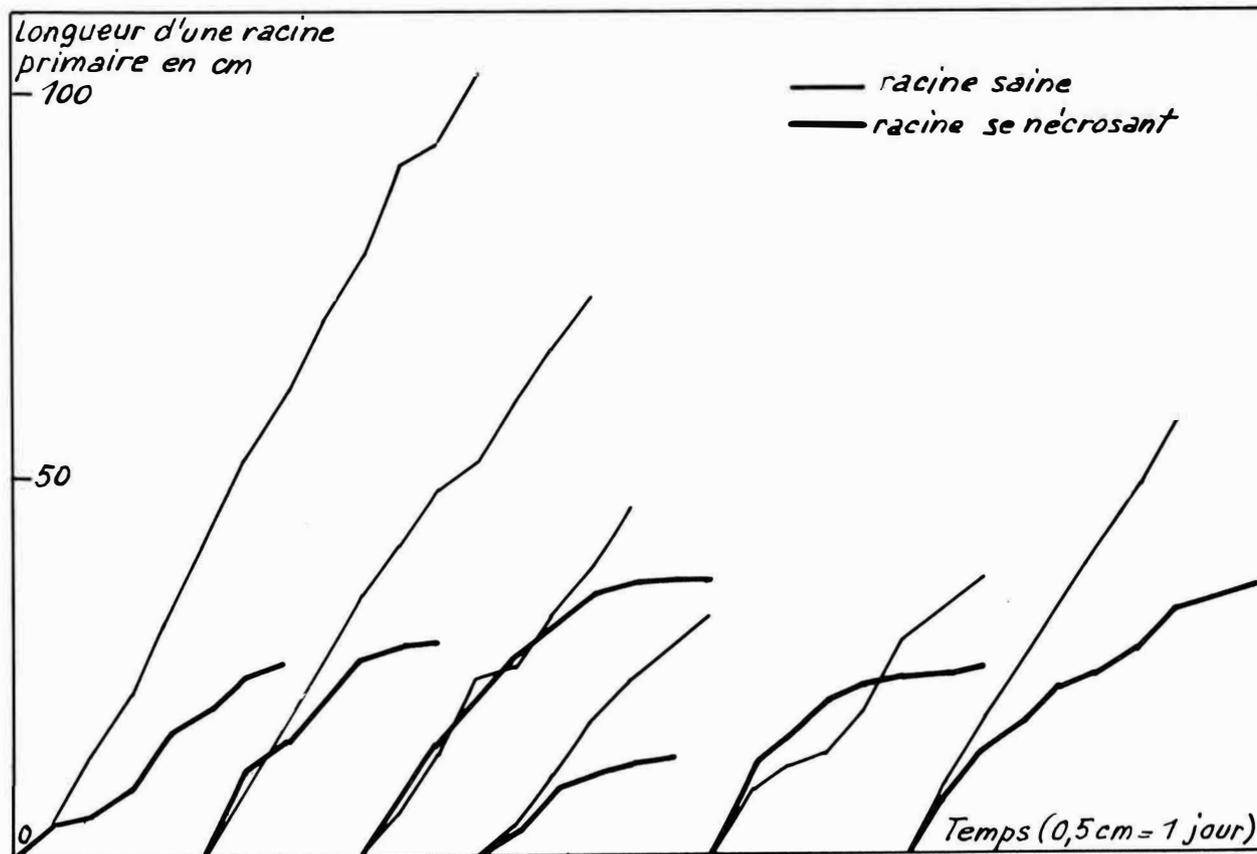


Figure 26 - Comparaison de la croissance d'une racine primaire saine avec celle d'une racine primaire se nécrosant.

43 cm/jour début octobre (fig. 25). La chute par la suite est brutale. Nous notons, aussi bien en premier qu'en second cycle, un nouveau maximum 15 à 30 jours avant la floraison. Après celle-ci, la croissance totale des racines diminue rapidement. Seuls les rejets montrent des racines en croissance.

III.3.1.4 - Conclusion

Les émissions de racines présentent les mêmes variations que sur sol ferrallitique. Elles sont certainement liées au développement du bananier. L'étude dates de plantation, dont nous parlerons dans le prochain chapitre, doit permettre de discerner l'action spécifique du climat.

Si l'on considère une croissance racinaire journalière de 2 cm en moyenne, les racines sortant du cortex de la souche arriveront un mois après au contact des vitres (distance minimale de 50 cm). Dans cette étude, les premières racines sont observées effectivement un mois après plantation, mais le maximum est bien plus tardif (fin septembre-début octobre) : vers 2,5 mois. Il ne faut pas oublier que le

matériel de plantation était constitué de rejets et non de souches et que, d'autre part, la mise en terre a été faite pendant la petite saison sèche.

L'allongement en 24 heures, défini par des mesures tous les 2 jours, est le plus souvent voisin de 2,5 cm, mais on n'a pas pu mettre en évidence de liaison particulière avec la pluviométrie ou d'autres caractéristiques climatiques. L'absence de corrélation avec la pluviométrie peut s'expliquer par le système de culture et la nature du sol.

- Le système de culture

La bananeraie est divisée en casiers de polders, protégés par des digues. L'évacuation des eaux est assurée par des pompes à grand débit vers un canal collecteur. Le réseau de drainage est dense (drains parcellaires tous les 10 m, profonds de 80 à 100 cm). Dans cette région, la nappe phréatique se situe toujours entre 0,80 et 1,20 m. Ce système de culture évite les excès d'eau en saison pluvieuse et permet une bonne répartition des racines dans le sol.

- La nature du sol

Le sol est une tourbe de faible densité apparente, se ressuyant bien et rapidement. A partir de 15-20 cm de la surface, l'humidité est pratiquement bonne en toute saison. Elle se maintient en saison sèche par remontée capillaire de l'eau à partir de la nappe phréatique.

Si l'état sanitaire reste bon, rien ne perturbe le développement du système radical. Son extension peut se faire en profondeur, dans les zones où l'humidité est bonne.

III.3.2 - Essai "dates de plantation"

Les dates de mise en terre sont les suivantes :

- Série 1 : 26 avril 1974
- Série 2 : 13 juillet 1974
- Série 3 : 23 septembre 1974
- Série 4 : 27 novembre 1974
- Série 5 : 07 février 1975

Le matériel végétal utilisé est constitué de souches moyennes avec œilleton de la variété 'Poyo'. Le drainage est très bon et les eaux excédentaires sont évacuées par pompage. La tourbe, de densité apparente 0,33 repose sur de l'argile à 100 cm de profondeur.

III.3.2.1 - Nombre de racines

Pour chaque série, les courbes schématiques tracées sur la figure 27 sont localisées dans le temps et non établies en fonction du nombre de jours après plantation.

- Reprise après plantation

Une comparaison de ces cinq dates de plantation conduit à constater que les trois premières séries (26 avril, 13 juillet et 23 septembre) ont une émission de racines très abondante après replantation. Ces racines, présentant une bonne croissance, arrivent au contact des vitres 30 à 50 jours après plantation des bananiers. Le maximum est observé à 35 jours pour les mises en terre d'avril et juillet et à 45 jours pour celle de septembre.

Ces trois séries laissent supposer un très bon démarrage

des bananiers, alors que les deux autres ont quelques difficultés. La faible quantité de racines observées peut provenir soit d'une émission insuffisante, soit d'une croissance faible. La plantation du 27 novembre 1974 donne son maximum 60 jours après, mais reste stable pendant 20 jours à ce niveau. Celle du 7 février 1975 est encore bien plus en retard (90 jours). Cette anomalie s'explique très facilement par la climatologie. En effet, lorsqu'on plante un bananier à faible profondeur, les racines doivent traverser toute une zone relativement sèche en décembre, janvier et février. Quoiqu'il en soit, une mauvaise reprise se répercute pendant tout le premier cycle.

- Émission racinaire après reprise

Dans la majorité des cas, le nombre de racines arrivant au contact des vitres présente un second maximum entre 70 et 85 jours après plantation.

Ceci correspond à un minimum d'émission racinaire situé entre le 3^e et le 4^e mois avant floraison, soit 2 à 3 mois après plantation.

III.3.2.2 - Croissance des racines

La comparaison des courbes de vitesse de croissance, compte-tenu seulement du temps après plantation, ne permet pas de distinguer de phases très nettes. Cette vitesse décroît de la reprise jusqu'à la floraison.

Une vitesse de croissance moyenne journalière supérieure à 2 cm est assez rare au cours de l'année. La croissance est peu influencée par la pluviométrie, que ce soit l'excès ou le déficit. Cependant, en février, mars et avril, la vitesse de croissance est faible, comparée à celle observée en mai. Nous pensons qu'il s'agit beaucoup plus de l'influence du stade des bananiers que de celle du climat.

III.3.2.3 - Liaison avec la croissance du pseudo-tronc et la conformation du régime

Il est intéressant de comparer les principales caractéristiques de floraison-récolte pour les 5 dates de plantation :

Dates de plantation					
	26/04/74	13 / 07	23 / 09	27 / 11	07 / 02
taille à la floraison (cm)	248	291	274	252	245
nombre de mains	8,5	9,2	8,4	8,3	7,8
poids du régime (Kg)	22,9	25,7	23,7	21,9	20,5

Les plantations de novembre 74 et février 75 ont les caractères les plus mauvais. La meilleure date correspond à la plantation du 13-7-74.

Ces caractères sont en accord avec les constatations faites précédemment sur l'enracinement des plants. La faible production de racines constatée sur la plantation d'avril

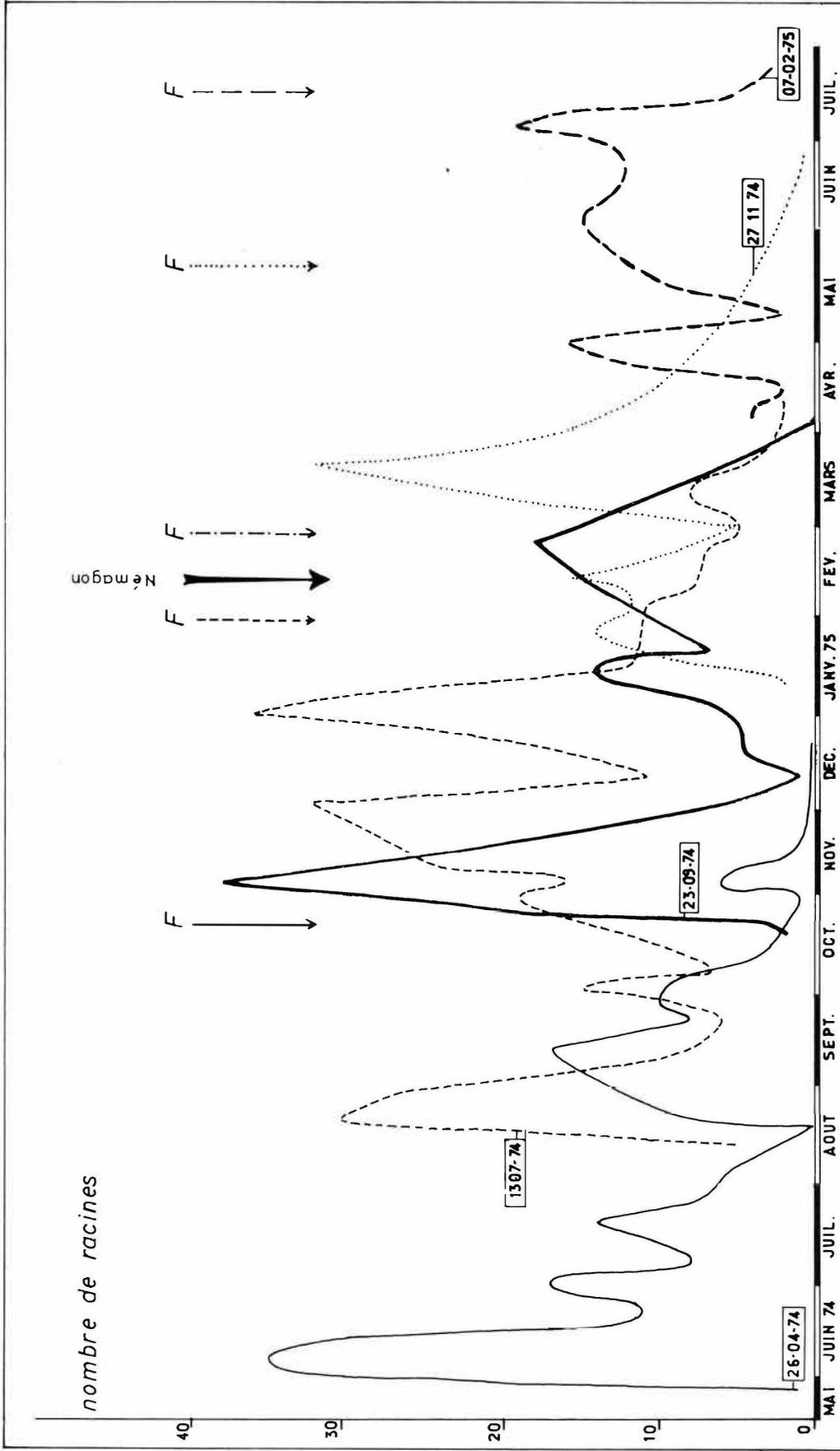


Figure 27 - Nombre de racines arrivant au contact des vitres pour chacune des séries (essai dates de plantation).

F = Date de floraison 26-04-74 Date de plantation

après la reprise a entraîné une mauvaise alimentation du bananier et, par la suite, une mauvaise croissance du régime.

Le nombre de mains obtenu montre que la différenciation de l'inflorescence est précoce et que les caractéristiques de la reprise ont une influence très importante sur le nombre de fleurs femelles formées.

Nous analyserons tous ces aspects dans les prochains chapitres concernant le développement général du système aérien et l'inflorescence.

III.3.2.4 - Conclusion

L'étude du développement radical sur des mises en terre réalisées à des époques différentes apporte des éléments intéressants sur le nombre des racines émises. La liaison entre bonne reprise et production est évidente, quoique, sur la série 5, d'autres facteurs soient intervenus.

Le point important à souligner concerne la faible interaction entre la pluviométrie et le développement du système radical, excepté pendant la période suivant la mise en terre. Cette exception s'explique très facilement, comme nous l'avons déjà mentionné, par les difficultés d'alimentation hydrique dans les 10 à 20 premiers centimètres du sol en saison sèche.

III.3.3 - Résultats obtenus par extraction des racines

La réalisation de fosses racinaires n'a pu être poursuivie au-delà du mois de juin 1975. Pour cette raison, nous ne donnerons que les résultats obtenus sur les trois premières dates de plantation : 28 avril 1974, 13 juillet 1974 et 23 septembre 1974. Deux fosses sont réalisées à chaque fois.

- **En poids frais**, les écarts entre séries sont sensibles trois mois après la mise en terre. A la floraison, le poids frais du système radical des bananiers de la série 1, plantée le 28-4-74, est plus élevé que celui des deux autres séries (fig. 28).

La répartition en pourcentage du poids frais total est la suivante :

- Horizon 0-20 cm : plus de 50 %
- Horizon 20-40 cm : de 20 à 40 %
- Horizon 40-60 cm : 10 %
- En-dessous : très faible.

Les écarts sont appréciables entre séries, surtout jusqu'à 160 jours.

- **La longueur** du système racinaire évolue sensiblement de la même façon que celle du poids frais. Cependant, l'amplitude de variation de la longueur est plus élevée que celle du poids. Le rapport poids frais/longueur (P/L), supérieur à 5 au début du cycle, décroît par la suite. L'équilibre à $P/L = 5$ s'observe lors du premier maximum de longueur et de poids.

- **La densité** des racines peut s'estimer par la mesure du poids et du volume. Bien entendu, il ne s'agit que d'une valeur moyenne, mais qui peut traduire l'état du système radical. La densité se situe dans la majorité des cas, entre 0,90 et 0,95; elle diminue en fonction de la profondeur :

- de 0 à 20 cm : 0,94
- de 20 à 40 cm : 0,92
- de 40 à 60 cm : 0,85
- global : 0,92

- **Le diamètre** augmente rapidement en début de cycle. Pour l'ensemble des horizons, il est compris entre 0,50 et 0,60 cm. Les valeurs moyennes à 90 jours traduisent que les séries 4 et 5 ont eu plus vite de grosses racines. Les plus fines sont probablement obtenues par la série 1.

En confrontant ces résultats avec les quantités de racines observées au contact des vitres, on constate que leur diamètre est d'autant plus faible que leur diamètre est élevé (séries 1, 2 et 3 avec beaucoup de racines de faible diamètre). Ceci explique que nous n'ayons pas obtenu de correspondance entre poids des racines extraites par fosse et nombre de racines observées derrière les vitres. En définitive, les racines ont un diamètre d'autant plus important que les conditions de croissance ne sont pas à leur optimum, mais s'en écartent relativement peu. Ce fait a été vérifié dans d'autres expérimentations menées sur argile et sur tourbe, dans la vallée du Niéky. La question qui se pose alors concerne l'efficacité de ces racines. Une racine de fort diamètre a-t-elle une meilleure capacité d'absorption qu'une racine de faible diamètre? A en juger par la production de fruits, il semble qu'un nombre important de racines de faible diamètre soit plus efficace qu'un nombre restreint de grosses racines. Mais cela reste à mieux préciser.

- Conclusion

Ces observations réalisées par fosses racinaires ont permis de compléter les indications obtenues par vitres.

La répartition des racines par horizon fait ressortir que poids et volume décroissent en profondeur, parallèlement au diamètre.

Jusqu'à 100 jours, une grande partie du système radical se localise dans la tranche 0-20 cm. Aussi, pour assurer une bonne reprise végétative, est-il nécessaire d'éviter une mise en terre pendant la période sèche, de novembre à février.

Les mesures de poids et de longueur sont insuffisantes pour définir l'efficacité du système radical. En effet, l'absorption se fait par les poils absorbants des radicelles et de l'extrémité des racines primaires et secondaires. Nos observations sont trop grossières pour appréhender d'une façon approfondie ces problèmes. Il n'en reste pas moins vrai qu'un bon développement des racines primaires est nécessaire pour assurer une bonne absorption.

TABEAU 9 - Observations sur les racines dans l'essai comparant deux systèmes de drainage en sol organique (résultats obtenus par la méthode des fosses).

	Date	Nombre jours après mise en terre	A = polder			B = hors polder				
			Total	% du total			Total	% du total		
				1*	2*	3*		1*	2*	3*
poids en g	29/12/71	41	220	82	18	0	100	100	0	0
	18/02/72	82	1230	76	24	0	730	89	11	0
	17/03/72	120	5220	52	26	22	2610	61	34	5
	20/04/72	154	4180	53	17	30	2790	84	14	2
	17/05/72	181	5010	68	25	7	2995	69	26	5
	14/06/72	209	4190	63	26	11	2520	80	17	3
	18/07/72	243	4500	83	10	7	5740	62	31	7
	21/08/72	277	6280	57	23	20	3700	71	22	7
	28/09/72	315	5630	58	28	14	4550	54	30	16
	moyenne	(1)	5001	62	22	16	3558	69	25	6
longueur en cm	17/03/72	120	38000	50	25	15	18000	55	38	7
	20/04/72	154	30300	51	16	33	19000	82	15	3
	17/05/72	181	26150	58	28	14	18270	68	25	7
	14/06/72	209	22500	54	28	18	14550	73	24	3
	18/07/72	243	23090	80	13	7	29240	63	30	7
	21/08/72	277	29950	56	24	20	19200	68	23	9
	28/09/72	315	20360	52	29	19	25100	46	30	24
	moyenne	(1)	27193	57	23	20	20480	65	26	9
	poids/longueur (g/m)	17/03/72	120	13,7	14,3	14,0	12,2	14,5	16,2	13,0
20/04/72		154	13,8	14,4	14,6	12,5	14,7	15,0	13,9	8,0
17/05/72		181	19,2	22,3	16,6	11,0	16,4	16,6	17,5	10,9
14/06/72		209	18,6	21,6	17,7	11,1	17,3	19,0	12,6	15,6
18/07/72		243	19,5	20,2	16,1	17,7	19,6	19,6	20,3	17,3
21/08/72		277	21,0	21,4	20,0	21,6	19,3	20,2	18,9	13,7
28/09/72		315	27,7	30,4	27,0	20,9	18,1	21,2	18,1	12,3
moyenne		(1)	18,4	20,0	17,9	14,6	17,4	18,2	16,9	12,9
diamètre en mm		17/03/72	120	4,18	4,27	4,22	3,94	4,30	4,54	4,07
	20/04/72	154	4,19	4,28	4,32	3,99	4,33	4,37	4,21	3,19
	17/05/72	181	4,95	5,33	4,60	3,74	4,57	4,60	4,72	3,73
	14/06/72	209	4,87	5,25	4,75	3,76	4,70	4,92	4,01	4,46
	18/07/72	243	4,98	5,07	4,53	4,75	5,00	5,00	5,09	4,70
	21/08/72	277	5,17	5,22	5,05	5,24	4,96	5,07	4,91	4,18
	28/09/72	315	5,94	6,22	5,86	5,16	4,80	5,20	4,80	3,95
	moyenne	(1)	4,84	5,05	4,78	4,31	4,71	4,82	4,64	4,05

(1) à partir du 17 mars 1972 - 1* = horizon 0-20 cm - 2* = horizon 20-40 cm
3* = horizon au-dessous de 40 cm

Poids en grammes/bananiier - Longueur en centimètres/bananiier - Diamètre moyen en mm calculé à partir de la longueur de l'ensemble des racines.

III.3.4 - Comparaison de deux systèmes de drainage

Cette comparaison est faite sur une tourbe profonde (plus de 5 m), de nature assez fibreuse, granuleuse et noire superficiellement (horizon 0-20 cm), pailleuse en-dessous. Le pH est très bas (3,3) et la densité apparente moyenne (0,33).

Deux systèmes de drainage ont pu être comparés :

A - Drainage à 80 cm de profondeur, fossés espacés de 10 m, plan d'eau contrôlé par pompage des eaux excédentaires (polder).

B - Drainage à 55 cm de profondeur, fossés espacés de 20 m, plan d'eau fonction des pluies (hors polder, drainage gravitaire).

III.3.4.1 - Observations sur le système radical (tabl. 9)

- **Le poids total** des racines croît jusqu'au quatrième mois, puis stagne jusqu'en juillet pour la parcelle B et jusqu'en août pour la parcelle A. Remarquons que l'accroissement le plus important a lieu entre 80 et 120 jours.

En juillet 1972, le poids de racines est en nette augmentation, en particulier pour B.

En moyenne, de mars à septembre, la parcelle A possède, en poids, 40 % de racines en plus que B (5 000 g contre 3 560 g par bananier). On a toujours au moins 50 % du poids des racines dans les vingt premiers centimètres. Excepté pour juillet, A présente toujours moins de racines superficielles que B; en-dessous de 40 cm, on a presque trois fois plus de racines en A qu'en B (16 % contre 6 %) (fig. 29).

- **La longueur totale** du système radical suit une évolution du même type que le poids, mais moins ample (fig. 29). Pour A, elle décroît entre 120 et 315 jours, pour passer de 380 m à 204 m; pour B, elle est assez constante avec une tendance à l'augmentation (180 m à 120 jours, 250 m à 315 jours).

- **Le rapport poids/longueur**, exprimé en grammes par mètre de racines, permet d'estimer le diamètre moyen des racines. La densité mesurée sur les quelques échantillons étant de 1 g/cm^3 à l'état frais, le diamètre est obtenu par l'équation :

$$d = \sqrt{1,274 P/L}$$

avec P = poids frais en g,

L = longueur totale en cm,

d = diamètre en cm.

Pour l'ensemble des racines, le diamètre moyen augmente en cours de cycle. Les racines sont plus fines en B qu'en A, ce qui est confirmé par les observations visuelles. Globalement, le diamètre des racines décroît de l'horizon 0-20 cm à l'horizon situé au-delà de 40 cm (tabl. 10).

- **Le plan d'eau**, au moment de la réalisation des fossés, se situe toujours en-dessous de 70 cm. Dans la parcelle A,

les racines sont blanches avec un chevelu abondant; dans B, elles sont plus sombres, de diamètre faible et avec un chevelu médiocre; les nécroses y sont précoces.

III.3.4.2 - Mensurations sur la partie aérienne

La reprise a été plus lente dans B, où l'on a effectué de nombreux remplacements. Une importante végétation acidophile (fougères) s'y est développée et des symptômes très accentués de déficience calcique sont apparus malgré des apports d'amendements identiques à ceux de A.

La croissance en premier cycle a été très différente selon les parcelles (fig. 30). En seconde génération, l'écart entre A et B se maintient. Les caractères floraison et récolte diffèrent beaucoup entre les deux traitements (tabl. 11).

III.3.4.3 - Conclusion

Les résultats obtenus sont très spectaculaires, tant sur le plan développement du système radical que sur la plan production.

Dans la parcelle drainée à 80 cm, avec des fossés tous les 10 m et contrôle du plan d'eau lors des pluies, le système radical s'est bien développé en profondeur. Les racines ont un chevelu abondant. Dans l'autre parcelle, le système radical, moins fourni, est localisé plus en surface et donc plus sensible aux variations microclimatiques.

Les différences d'enracinement ont entraîné des écarts de développement très appréciables. Ces résultats sont surprenants, puisque le niveau de la nappe phréatique dans les deux cas reste toujours assez bas. La différence de drainage ne suffit pas à les expliquer, car, dans aucune fosse (jusqu'à 5 mois), nous n'avons trouvé la nappe à moins de 70 cm.

On peut cependant supposer que la hauteur du plan d'eau, même en B, serait fonction de l'environnement. En A, la pénétration de l'air est peut-être plus rapide après les pluies. Vers 50-60 cm de profondeur, il se produit un dégagement d'hydrogène sulfuré provenant d'une couche tourbeuse très fibreuse, d'environ 15 cm d'épaisseur; de part et d'autre, nous n'avons relevé aucune odeur particulière. Cette constatation a été faite dans les deux traitements, ce qui supprime la crédibilité d'une influence importante puisque, en outre, les racines progressaient vers les couches profondes.

Seules des mesures de l'équilibre air-eau à diverses profondeurs et des déterminations quantitatives de dégagement gazeux en liaison avec des analyses chimiques et organiques poussées pourraient nous fournir une explication complète de ces phénomènes.

Il n'en reste pas moins vrai, qu'un système de drainage correctement conçu, avec des fossés parcellaires de 80 cm de profondeur, espacés de 10 m, permet un bon développement du bananier, à condition d'être constamment efficiant (nettoyages réguliers).

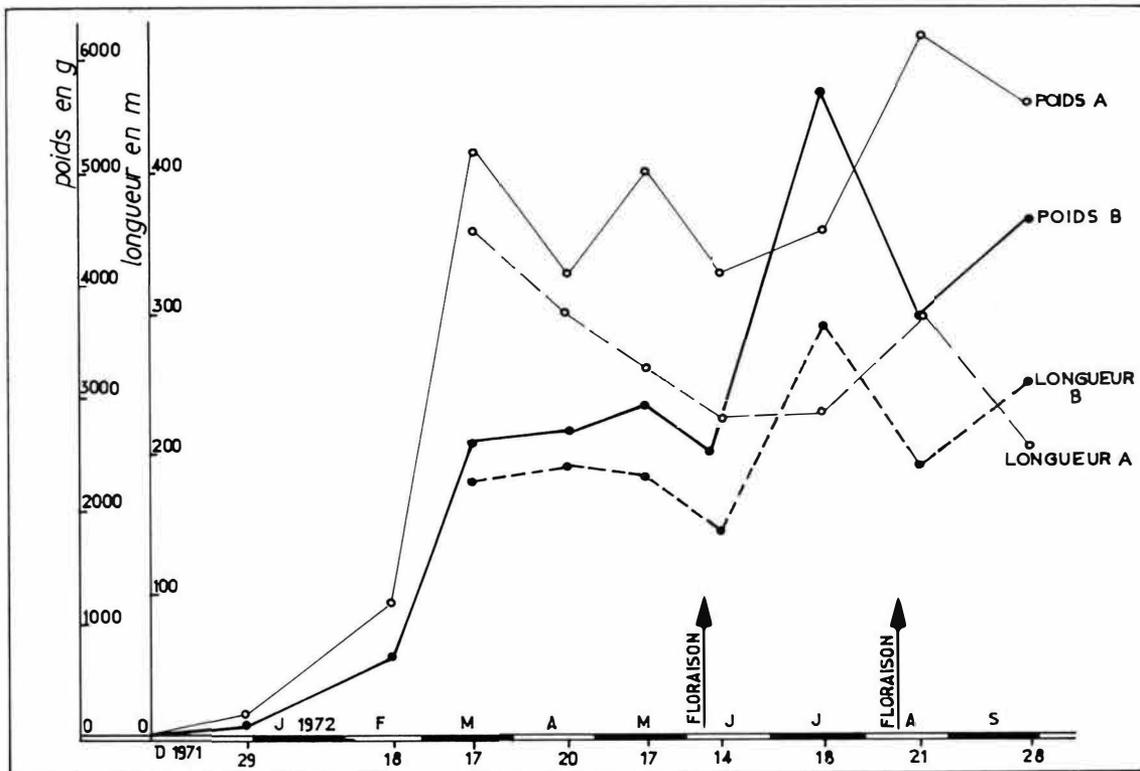


FIGURE 29 - Evolution du poids frais et de la longueur totale du système racinaire d'un bananier (valeurs obtenues par la méthode des fosses). Essai comparatif de deux systèmes de drainage : A- drains de 80 cm de profondeur espacés de 10 m (polder), B- drains de 55 cm de profondeur espacés de 20 m (drainage gravitaire).

TABLEAU 10 - Diamètre des racines en millimètres

	0-20 cm	+ de 40 cm	Ensemble
A	5,05	4,31	4,78
B	4,82	4,05	4,64

TABLEAU 11 - Caractéristiques floraison-récolte en premier cycle

Caractéristiques	A(drain.intense)	B(drain.faible)
IPF en jours	200	269
Taille flor.(cm)	242	219
Nombre de mains	8,0	7,2
Poids moyen (kg)	20,0	15,5
Tonnage brut(t/ha)	34,4	20,0

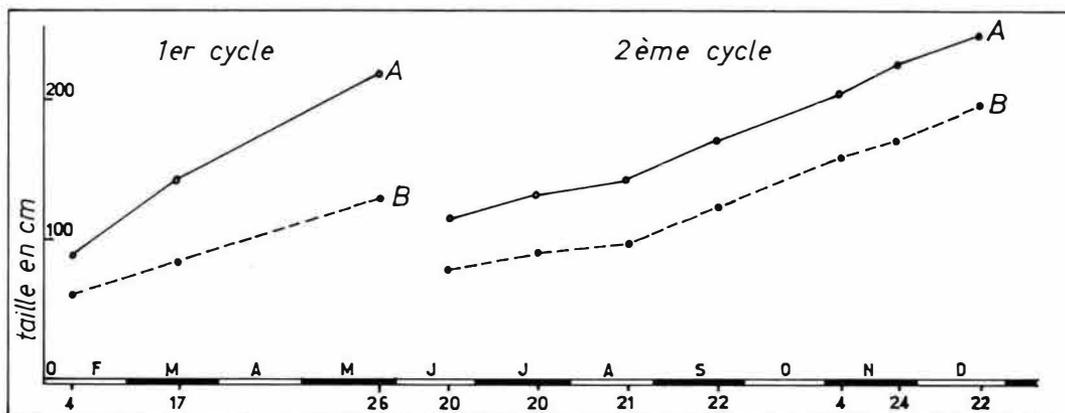


FIGURE 30 - Evolution de la taille des bananiers dans l'essai comparatif de deux systèmes de drainage.

III.4 - Synthèse et discussion

Les méthodes utilisées comportent des imperfections mais il faut préciser qu'aucune méthodologie n'est parfaite pour étudier le système radical puisqu'il faut soit modifier le milieu, soit détruire le système radical. Les deux techniques utilisées sont complémentaires et une étude sérieuse du système radical doit faire appel à chacune d'elles. Le cas de l'essai variations saisonnières en est un exemple typique.

Comme nous l'avons rappelé dans la partie bibliographique, les racines primaires prennent naissance dans la souche, au niveau du péricycle (zone de Mangin). RIOPEL et STEEVES (108) ont noté une élongation journalière moyenne de 2,6 cm pour les primaires et de 1 à 2 cm pour les secondaires. Les vitesses de croissance que nous avons observées par des mesures tous les deux jours concordent avec celles-ci. Dans beaucoup de cas, cette vitesse varie entre 1,2 et 3,5 cm par jour.

Nos résultats démontrent que le type de sol a une influence qui se fait sentir au niveau des diverses phases du développement des racines :

- initiation : phénomène intense de différenciation,
- émission : période où la racine devient apparente,
- élongation : pendant laquelle la racine s'accroît dans le milieu externe.

L'émission des racines au-dehors de la souche présente quelques caractéristiques particulières. Après mise en terre, il faut attendre au moins un mois pour obtenir des racines au contact des vitres situées à 50 cm. Le maximum de racines au contact des plaques s'observe 35 à 45 jours après plantation, lorsque les conditions sont favorables. Ceci correspond à une croissance journalière moyenne de 2 à 2,5 cm. Ensuite, dans la plupart des cas, on observe un arrêt - ou un fort ralentissement - de l'apparition de nouvelles racines. Le minimum se situe 2 à 3 mois après mise en terre. Comme le soulignent BEUGNON et CHAMPION (14), l'initiation de nouvelles racines est momentanément stoppée par la replantation. Est-ce en liaison avec l'absence de substances organiques synthétisées par les feuilles?

A partir de la floraison, le nombre de racines arrivant au contact des vitres décroît. On suppose que les nouvelles proviennent alors des rejets (CHAMPION et OLIVIER 22). TURNER (139) indique que, sur 800 racines observées, 670 sont encore fonctionnelles six semaines après sortie de l'inflorescence. Outre cet aspect lié aux modalités de développement du bananier, les émissions racinaires sont influencées par les conditions du milieu.

- **En sol ferrallitique**, le nombre de racines est en liaison étroite avec le bilan hydrique : sécheresse et excès d'eau réduisent la production de racines. L'état hydrique du sol dépend de plusieurs facteurs : la nature du substrat (compaction, équilibre air-eau, etc.), la pluviosité, l'irrigation et le drainage.

Le sol d'Azaguié est rarement à l'équilibre hydrique. La proportion air-eau demeure défavorable pendant la majorité du temps. Après replantation, lorsque les conditions hydriques sont juste correctes, l'arrosage a un effet bénéfique sur les émissions racinaires : la reprise est un peu plus rapide. Ensuite, dans les mêmes conditions d'approvisionnement en eau, un arrosage hebdomadaire a un effet favorable bien supérieur à 2 apports d'eau par semaine. Ce dernier devient même préjudiciable lorsque la pluviométrie est régulière (sol "engorgé" en permanence). Par contre, en saison sèche, un arrosage bi-hebdomadaire a une action favorable.

- **En sol organique**, l'émission racinaire, après mise en terre, est du même type qu'un sol ferrallitique. Une bonne reprise nécessite une quantité d'eau suffisante dans les vingt premiers centimètres du sol. Le maximum d'apparition de racines sur les vitres, localisé vers 35-45 jours en conditions favorables, est retardé jusqu'à 60 jours et même 70 jours en saison sèche. En effet, lorsqu'on plante un bananier à faible profondeur, les racines ont à traverser tout un horizon superficiel soumis à l'évaporation, déficitaire en eau en période de sécheresse (et ce d'autant plus que le sol est alors découvert).

Nous avons montré qu'une mauvaise reprise a une répercussion très forte jusqu'à la récolte du fruit, comme BEUGNON et CHAMPION (14) l'avaient trouvé à Azaguié. Le régime est plus petit et son poids plus faible.

En dehors de l'influence du bilan hydrique juste après mise en terre, les conditions de sol sont pratiquement toujours favorables si les techniques culturales sont optimales.

On peut se demander si le terme "émission racinaire" est le plus approprié dans nos expérimentations. PICARD D. (105), sur graminées, a montré que le manque d'eau n'a aucun effet sur l'émission des racines mais bloque l'élongation. Pour ce même auteur, la sécheresse stimulerait l'initiation racinaire si elle est de durée relativement courte. Une étude au niveau de la tige souterraine serait nécessaire pour préciser les phénomènes mis en œuvre.

La croissance du système radical

Sur sol ferrallitique, on n'a pas étudié le système radical par fosses, seules des études derrière vitres ont été réalisées. Par contre, en sols organiques, certains aspects ont pu être dégagés.

En premier lieu, la date de plantation a une influence primordiale sur le développement du système radical. Les mesures de poids et de longueur n'étant pas suffisantes dans ce cas, le calcul du diamètre moyen des racines a permis de mettre en évidence une évolution selon l'horizon de sol prospecté. En période peu favorable, les racines croissent lentement et sont localisées principalement dans les vingt premiers centimètres, lorsque les bananiers sont jeunes

et en premier cycle. On a toujours au moins 40 à 50 % des racines dans l'horizon 0-20 cm, ce qui correspond aux données obtenues sur d'autres sols (MOREAU 98). Le diamètre moyen est plus élevé et la prospection du sol plus faible. Deux cas se sont présentés, illustrant bien la complexité du problème :

- *Mise en terre en période sèche*, provoquant un ralentissement de l'émission radicale, ce qui entraîne une grande sensibilité aux conditions hydriques. Les soins à apporter à la plantation doivent être plus minutieux. Par exemple, en sol organique, le tassement autour de la souche plantée doit être le plus fort possible, afin de limiter les discontinuités entre sol en place et trou de plantation. Un tassement médiocre entraîne un déficit hydrique localisé.

- *Mise en terre en période légèrement pluvieuse*, mais non suffisante pour humecter l'horizon sec. Les racines ont tendance à rester en surface, car une zone sèche de 10 à 15 cm persiste entre l'horizon de surface et la zone de remontée capillaire. La croissance du système radical est donc sensible à toutes les variations hydriques de la surface du sol.

Outre cette période après plantation, on a pu mettre en évidence une interaction entre le développement du système radical et le drainage. Dans certains sols organiques, l'irrigation n'est pas rentable sur des plantations en place depuis plus de 3-4 mois, à condition que le drainage soit suffisant et le parasitisme par nématodes contrôlé. Les avantages d'un bon drainage sont appréciables, car il influence principalement :

- l'accroissement de la quantité de racines, entraînant une augmentation du volume exploré, consécutif à un abaissement important du plan d'eau;

- l'amélioration de l'alimentation en eau (racines descendant jusqu'à la nappe, plus grande surface absorbante);

- la limitation des conséquences de la saison sèche et aussi de la saison pluvieuse. En saison sèche, les racines les moins superficielles sont peu soumises au dessèchement de la surface de la tourbe et peuvent ainsi assurer l'alimentation hydrique par prélèvement au niveau de la nappe phréatique. En saison des pluies, les drains profonds permettent une évacuation rapide de l'eau excédentaire (à condition que le collecteur principal soit efficace), limitant les risques d'asphyxie des racines;

- l'utilisation plus rentable des systèmes d'irrigation. Nous pensons particulièrement à l'utilité de l'arrosage pour le transport des engrais jusqu'aux racines et surtout aux bananiers replantés en octobre, novembre et décembre. Pour ces replantations, en effet, le système radical est encore peu profond lorsque la saison sèche s'installe.

L'utilité de l'arrosage doit être variable selon les types de profils (tourbe pailleuse, tourbe fine, argile, etc.). Il est évident qu'une tourbe pailleuse, très grossière, où point de flétrissement et capacité au champ sont très voisins, a

besoin d'un arrosage fréquent à doses faibles (eau utile presque négligeable).

La croissance journalière moyenne de chaque racine

En sol organique, on n'a pas pu mettre en évidence de liaison entre croissance radicale moyenne journalière et caractéristiques climatiques. Cela laisse supposer, comme on l'a précisé ci-dessus, que la remontée capillaire à partir de la nappe phréatique est suffisante pour assurer l'alimentation hydrique lorsque les techniques culturales sont à leur optimum.

Par contre, en sol ferrallitique, la croissance radicale est en étroite relation avec l'équilibre air-eau du sol. L'irrigation, en saison sèche, a une action très particulière à Azaguié. Après un apport de 35 mm, la croissance des racines présente trois stades :

- pendant les 48 heures suivant l'apport, l'allongement est faible;

- de J + 3 à J + 9 ou J + 10, les racines ont une bonne croissance;

- après, la vitesse d'allongement diminue fortement.

Dans ce cas, l'eau doit être apportée fréquemment, au moins toutes les semaines, à une dose voisine de 20-25 mm. Un rythme encore plus rapide, à dose réduite, serait intéressant, mais encore faut-il tenir compte du coût des applications. Un juste milieu est à rechercher entre exigences de la plante et aspects économiques. Des essais d'irrigation par goutte à goutte mériteraient d'être mis en place.

On a pu mettre en évidence quelques liaisons entre racines primaires et racines secondaires :

- une croissance faible des primaires entraîne le développement de secondaires de type intermédiaire;

- une contrainte sérieuse provoque la formation de secondaires à croissance non limitée. Ces contraintes peuvent être de divers ordres :

- parasitisme (nécrose de l'apex par les nématodes),
- physique (obstacles tels que cailloux, compaction),
- chimique (produits phytotoxiques par exemple).

Il semble qu'un équilibre s'établirait en fonction des conditions écologiques entre les racines primaires et les racines secondaires, ces dernières compensant un mauvais état des primaires. Dans de bonnes conditions de milieu, les primaires ont un développement important et les secondaires sont sous leur contrôle. RIOPEL (109) a montré que la distribution des latérales n'est pas due au hasard. Il avance deux hypothèses possibles, en précisant que deux latérales successives sont séparées par un angle d'au moins 30°. Diverses constatations nous ont montré, d'autre part, que la distance entre apex et émission de latérales est influencée par les conditions de croissance, une faible distance prouverait que la racine primaire n'est pas dans de bonnes conditions écologiques (parasitisme, microclimat, facteurs chimiques).

Les constatations dont nous venons de rendre compte seront à confronter avec les observations réalisées sur l'appareil foliaire et l'inflorescence.

Le problème notamment de la reprise lors d'une replantation mérite d'être approfondi par des mesures sur l'appareil aérien.

BALDY (7), sur blé, a bien indiqué que la croissance des racines est en interaction avec la photosynthèse (synthèse et migration des glucides). Toujours chez le blé, cet auteur souligne le ralentissement de l'activité racinaire après floraison.

On peut se demander s'il n'y a pas un lien entre sénescence des feuilles et faible développement des racines puisque YOASH VAADIA (153) a démontré la présence de cytokinines à leur niveau. De plus, il serait intéressant de connaître l'action du feuillage sur l'émission racinaire et vice versa. HESS (56) a fait l'hypothèse que l'initiation racinaire était fonction de l'activité des feuilles et de l'absorption.

D'autre part, en sol organique, la saison sèche semble avoir relativement peu d'effet sur les racines, mais en est-il de même pour les feuilles et surtout lors du développement du régime?

S. PERIGAUD (103) a montré que les conditions d'environnement du système foliaire influent sur le développement et le fonctionnement du système radical. Le rapport parties aériennes/racines serait un critère de l'activité de la plante.

La fertilisation peut jouer un rôle, tout particulièrement l'azote sur ces tourbes. LEMAIRE (74) a montré que l'azote a un effet plus fort sur les parties aériennes que sur les racines. S. PERIGAUD (103) précise que de mauvaises conditions physiques au niveau des racines ralentissent l'absorption du potassium dès que le manque d'oxygène tend à accroître l'azote. Cet auteur démontre entre autre que l'interférence entre l'absorption et métabolisme, c'est-à-dire entre le fonctionnement de la racine et les conditions générales de la photosynthèse, est étroite.

RUER P. (114), sur palmier à huile, a mis en évidence

l'action défavorable d'apports de potasse et d'azote sur les concentrations racinaires absorbantes, alors que des applications de phosphate bicalcique ont un effet positif.

III.5 - Conclusion

Le système radical du bananier est relativement fragile, si bien que les conditions du milieu sont primordiales. Les facteurs intervenant principalement sur le développement radical réagissent entre eux, mais dans la pratique on peut distinguer le parasitisme, la climatologie et les caractéristiques du sol.

Deux faits principaux se dégagent de ces études sur le système radical du bananier :

- **d'une part**, qu'en sol ferrallitique, les conditions hydriques ont une grande influence. Par contre, en sol organique, cette influence est très limitée sauf au cours des deux-trois mois après replantation;
- **d'autre part**, qu'une relation nette s'observe entre les quantités de racines émises et le poids du régime. La période critique se situe à la reprise après plantation.

Ces diverses études ont montré en outre qu'il est toujours nécessaire de dissocier le cas des sols organiques de celui des sols ferrallitiques.

En sol ferrallitique, où les nématicides assurent un bon contrôle des infestations, le facteur limitant principal concerne l'eau (excès ou déficit), en liaison avec le drainage et donc l'équilibre air-eau dans le sol. Les techniques culturales sur ce type de sol doivent satisfaire certains impératifs pour un bon développement racinaire :

- sol ameubli et bien drainé;
- arrosage fréquent mais à faible dose en saison sèche;
- mise en terre en dehors des périodes déficitaires ou excédentaires;
- traitements intensifs contre les nématoles.

En sol organique, l'eau n'est pas un problème permanent, si certaines techniques culturales sont respectées :

- drainage serré et profond, bien entretenu de façon à éviter la stagnation de l'eau;
- mise en terre en dehors de la pleine saison sèche;
- traitements nématicides sérieux.

(à suivre)

