

Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ. Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies intensives de la Martinique.

B. DELVAUX et Ph. GUYOT*

DEFINING THE FEATURES OF THE ROOTING OF BANANAS IN PLANTATIONS. EFFECTS ON THE SOIL-PLANT RELATIONS IN INTENSIVE BANANA PLANTATIONS IN MARTINIQUE.

B. DELVAUX and Ph. GUYOT.

Fruits, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 633-647.

ABSTRACT - In the field, the banana root system is generally subjected to physical, chemical and parasitic constraints to a degree depending on the interactions between the soil, climate and technical methods used. Any diagnosis of the fertility of the cultivated system therefore requires preliminary determination of the features of banana rooting *in situ*. In Martinique, this was done by observing both the crop profile and the root profile on bananas at the open female flower-hand stage. In intensive plantations, the nature and degree of the constraints affecting the underground parts of the banana plant depend on several factors, the main ones being the soil type, climate, previous crop, age of the plantation and method of land preparation. Under monoculture, the state of health of the roots appears to be closely linked to the soil type : the intensity of necrosis is particularly high on coarse soils that have developed on ash and pumice; it is, however, very low in vertic soils rich in swelling clay.

CARACTERISATION DE L'ENRACINEMENT DU BANANIER AU CHAMP. INCIDENCES SUR LES RELATIONS SOL-PLANTE DANS LES BANANERAIES INTENSIVES DE LA MARTINIQUE.

B. DELVAUX et Ph. GUYOT.

Fruits, Dec. 1989, vol. 44, n° 12, p. 633-647.

RESUME - Au champ, le système racinaire du bananier est généralement soumis à des contraintes physiques, chimiques et parasitaires dont l'intensité résulte des interactions entre le sol, le climat et l'itinéraire technique. Tout diagnostic de la fertilité du système cultivé requiert donc une caractérisation préalable de l'enracinement du bananier *in situ*. En Martinique, une telle caractérisation a été effectuée à partir de l'observation conjointe du profil cultural et du profil racinaire, réalisée pour des bananiers au stade fleurs-mains femelles découvertes. Dans les exploitations intensives, la nature et le degré des contraintes s'exerçant sur l'appareil souterrain des bananiers dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont le type de sol, le climat, le précédent cultural, l'âge de la plantation et le mode de préparation des terres. En monoculture, l'état sanitaire des racines paraît étroitement lié au type de sol : l'intensité des nécroses est particulièrement élevée dans les sols de texture grossière, développés sur cendres et ponces ; elle est, par contre, très faible dans les sols vertiques riches en argiles gonflantes.

INTRODUCTION

Au niveau du champ cultivé, les conditions de croissance d'une culture dépendent de la fourniture du milieu en eau, gaz carbonique et éléments nutritifs, et du fonctionnement adéquat des surfaces caprices, c'est-à-dire foliaires et radiculaires (BOIFFIN et SEBILLOTTE, 1982). L'optimisation de ces conditions peut être recherchée au travers d'un itinéraire technique dont la nature, pour une même culture, peut varier en fonction des caractéristiques du milieu (SEBILLOTTE, 1978).

L'efficacité du système racinaire du bananier, liée à la croissance et au développement de la plante, paraît primordiale dans l'élaboration du rendement (BEUGNON et CHAMPION, 1966 ; LASSOUDIÈRE, 1978). Elle peut être réduite au champ sous l'action de contraintes de nature

physique, chimique ou biologique (LAVILLE, 1964 ; LASSOUDIÈRE, 1978 ; GOUSSELAND, 1983), dont la sévérité résulte des interactions entre le sol, le climat et l'itinéraire technique. A l'échelle d'une région agricole, il importe donc de pouvoir appréhender les relations existant entre ces paramètres écologiques et techniques et l'état du système racinaire des bananiers. Cette approche est particulièrement requise dans toute démarche visant à identifier les facteurs limitant la productivité des systèmes cultivés. En Martinique, une telle démarche s'est avérée nécessaire suite aux baisses de rendement enregistrées dans les bananeraies depuis le passage des cyclones David (1979) et Allen (1980). Cette baisse de rendement était particulièrement ressentie dans les exploitations les plus intensives, et, parmi celles-ci, principalement les plantations localisées dans le nord de l'île (sols développés sur cendres et ponces), qui ont vu leur production diminuer de près de 30 p. 100.

La recherche d'identification des facteurs limitant les rendements a été effectuée dans le cadre d'un travail exploratoire d'enquête diagnostic, au sens défini par GRAS et

TABLEAU 1 - Variations globales du milieu en bananeraies martiniquaises.

Zone géographique	Altitude (m)	Pluviométrie annuelle (mm)	Sols	
			roche-mère (GRUNEVALLD, 1961)	classification (C.P.C.S., 1967)
Nord	20-150	2000-2500	cendres et ponces récentes	sols peu évolués
	150-270	2900-3300		sols peu évolués, andiques
	270-360	3600-4200		andosols désaturés
Centre, est	> 190	2700-3000	tuffs andésitiques	andosols désaturés
	150-190	2600-2800		sols bruns andiques
	50-150	2200-2500		sols bruns eutrophes ou acides
Centre, sud	< 150	1800-2300	conglomérat de base	sols ferrallitiques faiblement désaturés à (B) rajeuni
Sud	< 100	1300-1700	alluvions, conglomérats	sols vertiques, vertisols

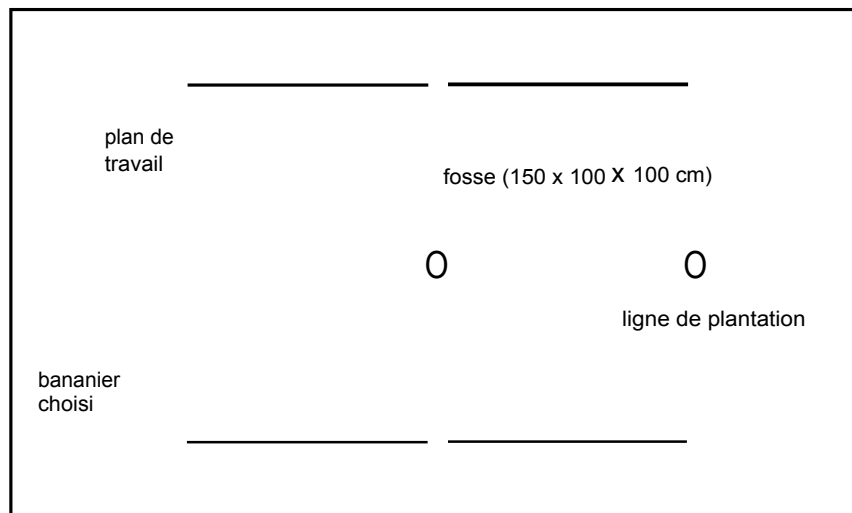
p. 100 dans les sols à halloysite). Sur les matériaux les plus anciens (conglomérats de base, régions centre et sud), les sols sont à caractères ferrallitiques ou fersiallitiques : il s'agit de sols très argileux, souvent très compacts («ferri-sols» décrits par COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965) où le minéral dominant est la kaolinite. Les sols à caractères vertiques sont rencontrés sur alluvions et conglomérats dans les zones plus sèches (sud de Pile) : ce sont des sols de texture argileuse très fine dont le complexe d'échange est dominé par des minéraux argileux de type smectite.

Méthodes de caractérisation.

Le profil cultural et le profil racinaire sont observés dans une fosse creusée perpendiculairement à la ligne de plantation, à 70 cm d'un bananier choisi au stade fleurs-mains femelles découvertes, la fosse étant orientée vers le(s) rejet(s) du bananier sélectionné, comme illustré à la figure 1. Le profil cultural est alors décrit sur le plan vertical sectionnant l'enracinement de la plante, selon des

méthodes bien connues (HENIN *et al.*, 1969). Des mesures de dureté (résistance mécanique à la pénétration) sont effectuées dans chacun des horizons culturaux, à raison de 5-6 répétitions par horizon à l'aide d'un pénétromètre de poche. La densité apparente est déterminée par la mesure du poids sec (105°C, 72 h.) d'un volume de sol de 100 cm³, prélevé à l'aide d'un cylindre (3 répétitions/horizon). Le profil racinaire est observé après dégagement soigneux de la terre sur une épaisseur horizontale de 25-30 cm. Un quadrillage de dimension 100 x 60 cm à 60 mailles (10 x 10 cm) est alors placé contre le plan vertical, son axe médian étant centralisé vis-à-vis du bananier sélectionné ; chaque racine est placée dans la maille correspondante à sa localisation dans le plan vertical du profil.

L'observation des racines est réalisée selon un système codé présenté au **tableau 2**. Celui-ci est basé sur l'utilisation de lettres renseignant le diamètre et l'état sanitaire global des racines et d'indices précisant l'aspect «morphologique» des nécroses. L'observation du système racinaire est complétée par celle du rhizome du rejet axial dégagé à la fin de



- pied-mère fleuri (stade fleurs-mains femelles découvertes)
- rejet
- C vieille souche

Figure 1 - POSITION SCHEMATIQUE DE LA FOSSE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL ET RACINAIRE.

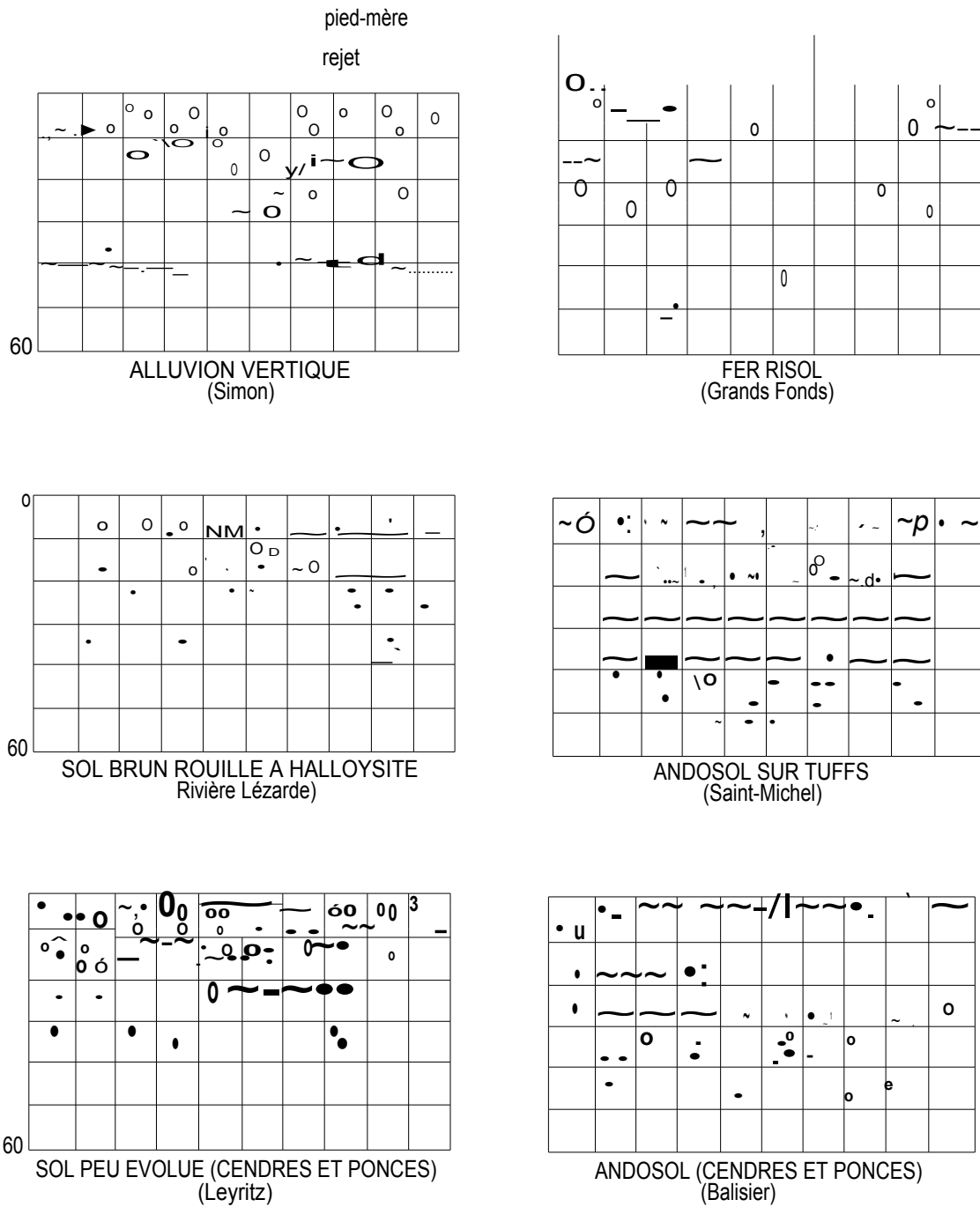


Figure 2 - PROFILS RACINAIRES OBSERVES DANS DIVERS SOLS DE BANANERAIES MARTINIQUAISES (2e CYCLE, MONOCULTURE).

racines observées par unité de surface (nr/dm²), on peut observer la variation de ce paramètre en fonction de la profondeur et de la densité apparente (g/cm³) du substrat. La figure 3 illustre bien la diminution systématique de la densité racinaire en profondeur. Cette diminution paraît liée à l'accroissement de la densité apparente dans les horizons sous-jacents plus compacts, généralement localisés à une profondeur de 20-30 cm, rit) un «pic» de la densité apparente est souvent nettement distinct. La diminution de la densité apparente dans les horizons profonds de certains profils ne favorise cependant pas une colonisation des

racines en profondeur, suggérant le caractère très limitant des discontinuités structurales occasionnées par la préparation des terres avant plantation.

Outre l'incidence de l'hétérogénéité du profil cultural sur la densité racinaire, il est intéressant de constater aux figures 2 et 3 que, dans les horizons superficiels «travaillés», la densité racinaire varie en fonction du type de sol, c'est-à-dire qu'elle dépend de la porosité du substrat et de sa résistance mécanique à la pénétration (CALLOT et al., 1982). La figure 4 illustre la relation entre la densité raci-

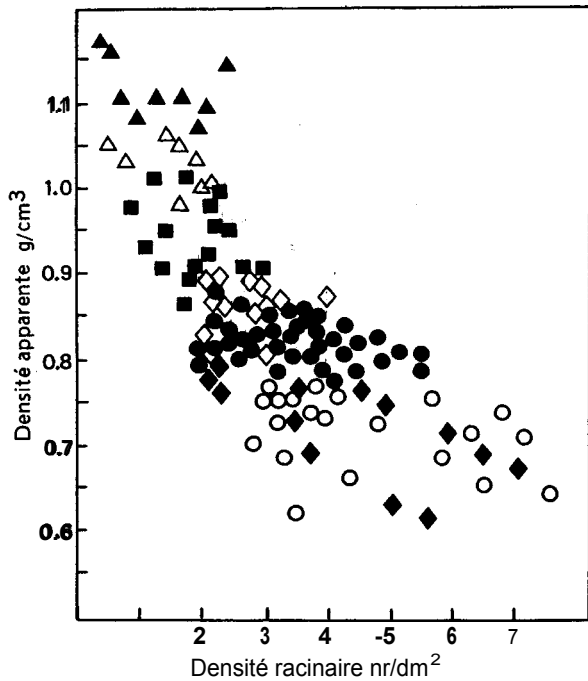


Figure 4 - RELATION ENTRE LA DENSITE APPARENTE ET LA DENSITE RACINAIRE MESUREES DANS LES HORIZONS SUPERFICIELS DE SOLS PREPARES PAR SOUS-SOLAGE ET SILLONNAGE (ABSENCE DE BUTTAGE).

<> ferrisols
 Osols vertiques
 ■ sols brun rouille à halloysite
 • sols peu évolués (cendres et ponces)

sillonnage, l'incidence positive du labour sur la distribution latérale des racines est manifeste, même dans des sols de texture grossière tels que les sols peu évolués développés sur cendres et ponces (figure 5). Dans les andosols développés sur ce type de matériau, le buttage des bananiers est une pratique courante et vise à améliorer l'ancrage des plants dont le système souterrain est dégradé (nécroses, asphyxie). Cette pratique favorise l'émission de nouvelles racines à la base du faux-tronc et augmente, relativement au sol non butté, la profondeur du profil racinaire. Elle occasionne cependant le passage d'engins dans le grand interligne à chaque cycle cultural. L'évolution de la profondeur du profil racinaire au cours des cycles de culture est schématiquement illustrée à la figure 6, dans 4 parcelles d'une même plantation (sols peu évolués sur cendres et ponces d'altitude). L'examen de ces profils montre que la profondeur du sillonnage est remarquablement constante (— 20 cm) dans la plantation étudiée. En premier cycle, le volume de terre exploré par les racines est peu important. Il en résulte, a priori, une prospection racinaire amoindrie susceptible de limiter la potentialité de la culture en premier cycle, avec de possibles répercussions défavorables sur les cycles ultérieurs. L'accroissement de la profondeur d'enracinement par le buttage au cours des cycles est manifeste (figure 6) et peut avoir une influence favorable sur le potentiel de la plante (DELVAUX *et al.*, 1989). Une amélioration de la distribution des racines dans le profil cultural pourrait cependant être obtenue par un travail du sol adéquat avant plantation, dont les effets positifs peuvent être attendus dès le premier cycle.

TABLEAU 3 - Densités apparentes d'horizons culturaux de divers types de sols de Martinique et développement des racines du bananier, apprécié par la densité racinaire et certains aspects morphologiques des racines.

Type de sol	Horizons	Densité apparente (g/cm ³)	Densité racinaire (nr/dm ²)	Aspects morphologiques des racines
sols vertiques	superficiels	0.95-1.05	1-2	rectilignes, peu ramifiées déformées (tortuosité, aplatissement)
	zones tassées	1.10-1.20	< 0.7	
	profonds	1.00-1.10	-	
«ferrisols»	superficiels	1.10-1.20	1	rectilignes, peu ramifiées très déformées
	zones compactes	1.20-1.40	< 0.5	
	profonds	1.30-1.40	-	
sols brun rouille à halloysite	superficiels	0.90-1.00	2-3	rectilignes, assez ramifiées très déformées+ asphyxie rectilignes, peu ramifiées
	zones compactes	1.05-1.20	< 0.7	
	profonds	0.90-0.95	< 1	
andosols (tuffs)	superficiels	0.65-0.75	4-6	rectilignes, ramifiées déformées rectilignes, assez ramifiées
	zones compactes	0.80-0.85	< 1.5	
	profonds	0.55-0.70	< 1.5	
sols peu évolués sur cendres et ponces	superficiels	0.80-0.85	3-6	rectilignes, très ramifiées déformées
	zones compactes	0.90-1.00	< 1	
sols peu évolués, andiques sur cendres et ponces	superficiels	0.75-0.85	4-6	rectilignes, très ramifiées très déformées
	zones compactes	0.90-1.00	< 0.8	
andosols sur cendres et ponces	superficiels	0.65-0.75	4-7	rectilignes, très ramifiées déformées+ asphyxie
	zones compactes	0.80-0.90	< 1	

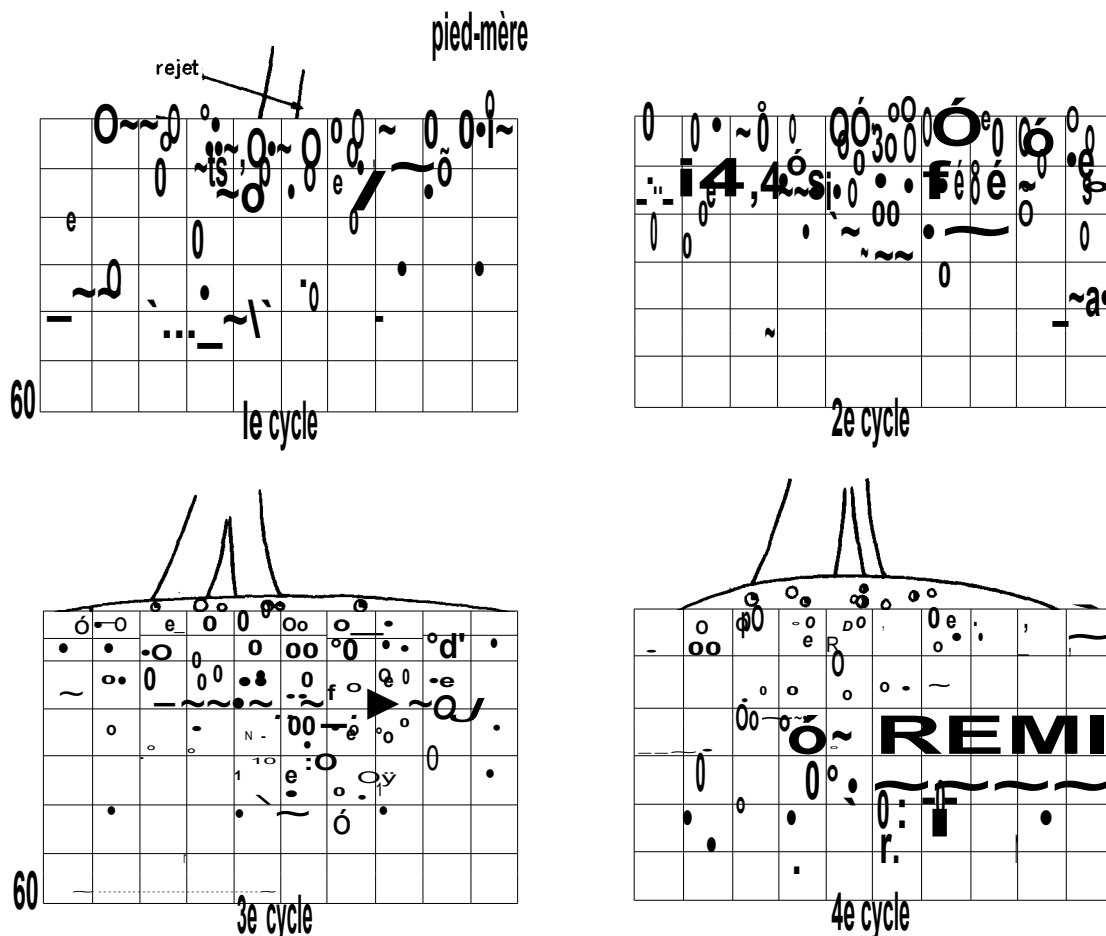


Figure 6. EFFET DU BUTTAGES SUR L'EVOLUTION AU COURS DES CYCLES DE LA DISTRIBUTION DES RACINES DANS LES SOLS PEU EVOLUES ANDIQUES DEVELOPPES SUR CENDRES ET PONCES (alt.220-290 m, Fonds Préville).

$$S/N = \frac{A+a}{(13+C+D)+(b+c+d)}$$

La figure 7 illustre l'évolution de ce rapport S/N en fonction de l'âge de la plantation, pour des parcelles en monoculture (précédent cultural bananier ou le mode de préparation des terres est identique (ouverts sur à disques sous-solade. Binonage, absence de buttagé). Quel que soit le type de sol, on observe une diminution systématique du rapport S/N avec l'accroissement de l'âge de la bananeraie, suggérant une augmentation des nécroses racinaires au cours des cycles de culture. Ce graphique montre également que l'état sanitaire des racines varie de façon très nette avec le type de sol. Les sols vertiques à argiles de type smectite se distinguent par un rapport S/N élevé, suggérant un bon état sanitaire des racines. Par contre, les sols développés sur cendres et ponces se caractérisent par un état sanitaire des racines très médiocre. Entre ces deux situations extrêmes, on peut observer des cas intermédiaires (sols bruns andiques sur tufs, ferrisols, sols brun rouille à halloysite).

Il est important de signaler d'autre part une relation relativement étroite entre l'état sanitaire des racines et celui des rhizomes. Lorsque le système racinaire est très nécrosé, il est fréquent d'observer de profondes nécroses corticales au niveau du rhizome. Celles-ci sont particulièrement importantes dans le cas des sols développés sur cendres et

ponces et des sols brun rouille à halloysite.

Il semble donc que l'état sanitaire de l'appareil souterrain des bananiers, reflet de la pression parasitaire, que dans les sols de Martinique, aux nématodes et champignons (LORDAL, 1989), paraît lié aux facteurs du milieu qui pourraient être : 1) le climat, la distribution spatiale des sols étant étroitement corrélée à ce facteur en Martinique (COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965) et 2) les propriétés physico-chimiques des sols, variables en fonction de la nature de leurs constituants (voir par exemple FONTAINE et DELVAUX, 1989). Ces observations suggèrent les hypothèses suivantes : les différences apparentes quant à l'état sanitaire des racines dans les sols peuvent être liées à l'écologie des parasites telluriques et/ou au comportement des nématicides, susceptible de varier en fonction du type de sol.

A ce titre, il est intéressant de rappeler que certains sols manifestent des degrés différents de réceptivité à certaines maladies fongiques (voir par exemple TIVOLI et al., 1987 ; LE MANCÉAU et al., 1988). Dans le cas du bananier, STOLTZKY et MARTIN (1963) ont établi une relation étroite entre l'importance de la colonisation de sols d'Amérique centrale par *Fusarium oxysporum* f. *eubense* (agent de la maladie de Panama) et l'absence d'argile de type smectite dans ces sols. En outre, il est connu que la présence

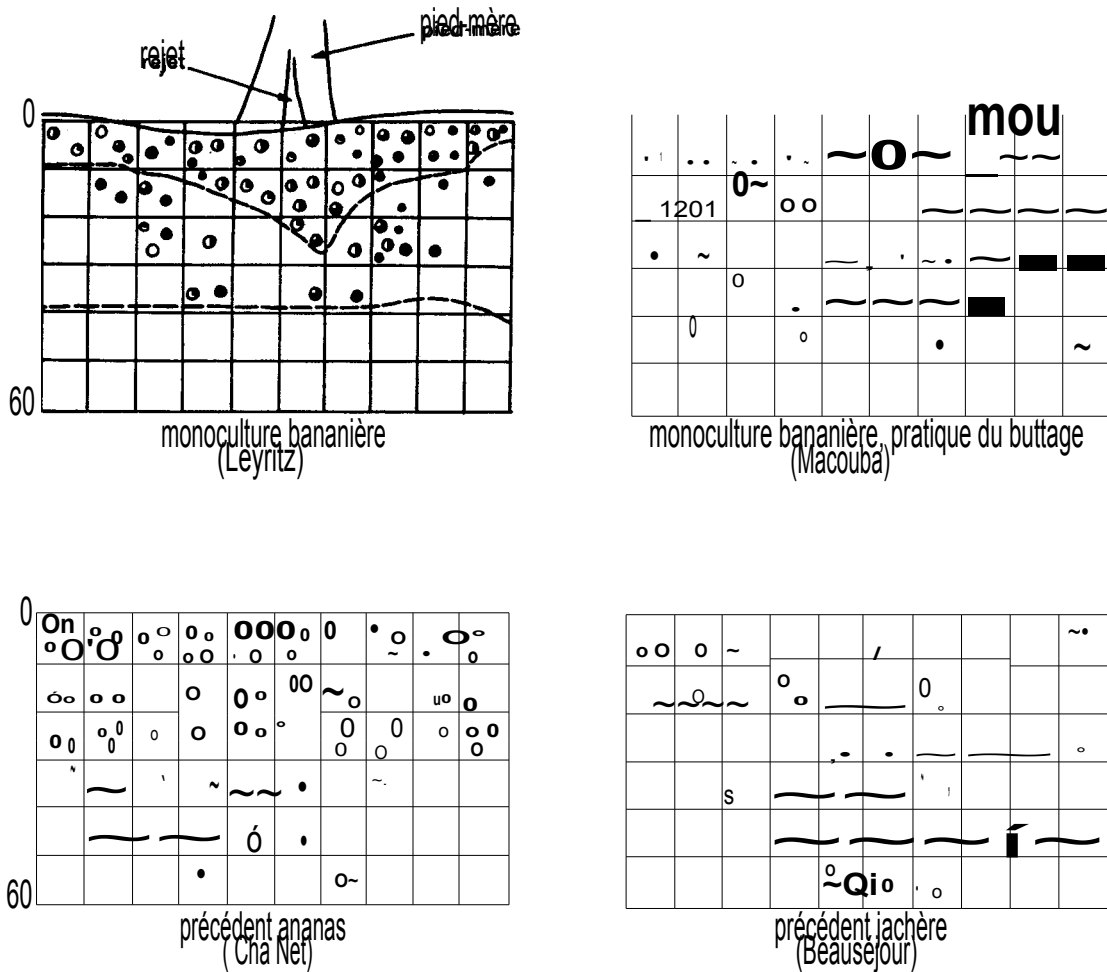


Figure 8 - PROFILS RACINAIRES OBSERVES SOUS BANANERAIES EN 2^e CYCLE DANS DES SOLS PEU EVOLUES SUR CENDRES ET PONCES (ait: 30-110 m) ET ILLUSTRANT L'EFFET DU PRECEDENT CULTURAL SUR L'ETAT SANITAIRE DES RACINES.

TABLEAU 4 - Effet du précédent cultural sur le rapport racines saines/racines nécrosées (S/N) dans trois types de sol pour différents cycles de culture.

Type de sol	Précédent	Premier cycle	Rapport S/N Deuxième cycle	Troisième cycle
sols vertiques	banane	5.0-4.0	3.2-2.8	2.6-2.5
sols bruns à halloysite	canne	30.0-25.0		
	banane	1.2-0.8	0.6	0.7
sols sur cendres et ponces	avocat ou maraîchage	13.0-9.0		
	banane	0.4-0.3	0.2	0.2
	ananas	8.0-6.0	3.3	3.3
	verger		1.0	

En conclusion, il apparaît que, dans les bananeraies intensives de Martinique, l'état sanitaire du système racinaire du bananier est lié au type de sol, et probablement aux interactions sol-climat, et au système de culture, l'utilisa-

tion monoculturelle des terres étant, comme attendu, un facteur défavorable, mais de façon variable selon les conditions pédologiques, voire écologiques. Dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas pu observer un quelconque effet du travail du sol (labour) sur l'état sanitaire des racines.

dans quelques parcelles de faible altitude (3-5 m) et les sols présentent des caractères hydromorphes à faible profondeur.

Dans les sols peu évolués sur cendres et ponces, la vitesse d'infiltration de l'eau a pu être mesurée dans des sols dont le mode de préparation avant plantation variait. Ces résultats sont présentés au tableau 6. Seules les valeurs mesurées dans les sols labourés apparaissent significativement plus élevées. Le labour permet non seulement une meilleure distribution latérale des racines, mais il semble induire également une augmentation de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui pourrait favoriser la lixiviation des éléments fertilisants et le lessivage des pesticides. Dans les autres parcelles, les fourchettes de valeurs sont similaires entre elles, sauf dans le cas d'un sillonnage profond, réalisé à 50 cm, et les valeurs semblent légèrement plus élevées.

CONCLUSIONS

L'étude conjointe du profil cultural et du profil racinaire dans les sols des bananeraies intensives de la Martinique paraît intéressante pour caractériser l'enracinement du bananier et identifier les contraintes majeures qu'il subit dans ces sols. Dans un système intensif, elle permet d'établir, de manière qualitative et descriptive, la gamme des variations des relations sol-plante à l'échelle d'une région agricole. Celle-ci peut être globalement schématisée comme ci-dessous :

sols à texture grossière	% argile	sols à texture fine
	contraintes physiques	
	/ contraintes biotiques	

Il apparaît en effet que les contraintes physiques (compactage, résistance mécanique élevée) limitent l'exploration du substrat par les racines du bananier dans les sols les plus argileux : les résultats montrent en effet une relation inverse entre la densité racinaire des horizons superficiels et leur densité apparente. Cependant, dans tous les types de

sols étudiés, l'extension du système racinaire est limitée latéralement et verticalement par les variations du milieu exploré, mesurables par une augmentation de la densité apparente et de la résistance mécanique à la pénétration. Ces variations sont principalement liées au mode de préparation des terres avant plantation et aux interventions en cours de culture (buttage). A ce titre, les racines du bananier apparaissent très sensibles aux variations physiques du milieu exploré.

En système monocultural, l'état sanitaire des racines (et celui des rhizomes) apparaît lié au type de sol (et vraisemblablement aux interactions sol-climat). Il est très médiocre dès les premiers cycles de culture dans les sols à texture grossière, dérivés de cendres et ponces. Si l'on admet que l'importance relative des nécroses racinaires reflète la pression des parasites de l'appareil souterrain du bananier, ces sols apparaissent comme un milieu très propice à leur développement : leur utilisation monoculturale apparaît donc comme un risque majeur. Par contre, dans les sols vertiques à argiles de type smectite, les contraintes parasitaires apparaissent particulièrement faibles. Les observations réalisées ont mis en évidence, dans tous les types de sols, un effet positif de la rotation culturale et de la jachère sur l'état sanitaire des racines du bananier.

Dans certains milieux, les contraintes s'exerçant sur le système racinaire du bananier peuvent être à la fois de nature biotique (parasitisme) et physique (compacité et/ou hydromorphie temporaire) : c'est le cas, par exemple, des sols brun rouille à halloysite et des andosols dérivés de cendres et ponces.

Dans les bananeraies intensives de Martinique, les interactions sol-climat-techniques influencent le comportement du système racinaire du bananier et, par là, son fonctionnement dans le schéma d'élaboration du rendement. A ce titre, certains facteurs apparaissent nettement défavorables : 1) l'utilisation monoculturale des terres, particulièrement dans les sols dérivés de cendres et ponces et dans une très faible mesure, dans les sols vertiques, 2) des valeurs élevées de la densité apparente (et de la résistance mécanique à la pénétration) dans les horizons superficiels, 3) la quasi-absence de véritable travail du sol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEUGNON (M.) et CHAMPION (J.). 1966.
Etude sur les racines du bananier.
Fruits, 21 (7), 309-327.
- BOIFFIN (J.) et SEBILLOTTE (M.). 1982.
Fertilité, potentialité, aptitudes culturales.
Signification actuelle pour l'agronome.
Numéro spécial BTI «Fertilité du milieu et agricultures BTI, 370/372, 345-353.
- CALLOT (G.), CHAMAYOU (H.), MAERTENS (C.) et SALSAC (L.). 1982.
Les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale.
INRA, Paris, 325 p.
- CHAMPION (J.) et SIOUSSARAM (D.). 1970.
L'enracinement du bananier dans les conditions de la station de Neufchâteau (Guadeloupe).
Fruits, 25 (12), 847-859.
- CHEVIGNARD (Th.). 1985.
Etude de la formation actuelle d'horizons humifères en milieu tropical.
Cas des sols de culture «remodelés» de la Martinique.
Thèse, Univ. Nancy I, 84 p.
- COLMET-DAAGE (F.) et LAGACHE (P.). 1965.
Caractérisation de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises.
Cali. ORSTOM, Série pédologie, III (2), 91-121.
- DELVAUX (B.), LORIDAT (Ph.), CHEVRIER (L.) et TERNISIEN (E.). 1989.
Amélioration de la fertilité des sols et rationalisation des techniques culturales des bananeraies en Martinique.
Convention régionale, bilan 1984-1988.
IRFA/CIRAD Martinique, 50 p.