

Profils culturaux, enracinement et aspect de l'arbre en vergers de limettiers à la Martinique.

F. MADEMBA-SY et B. DELVAUX*

CULTURAL PROFILES, ROOTING AND APPEARANCE OF THE TREES IN LIME GROVES IN MARTINIQUE.

F. MADEMBA-SY and B. DELVAUX.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, n° 3, p. 273-280.

ABSTRACT - Lime groves in the French West Indies have suffered since 1984 from withering whose economic consequences are serious. Although the main cause of withering is a root pest (*Diaprepes abbreviatus* L.), other factors may also play a non negligible role. The article summarises the observations made on the rooting and cultural profiles of the various types of soil in Martinique for trees of different vegetative appearance. A number of soil factors (discontinuities of texture and structure in the profile, high compactness and lack of aeration) may cause root deficiencies and withering. Excessive drainage in some sandy soils contributes to water stress. These observations suggest that optimisation of the physical conditions of the roots may improve their state. Such optimisation can be sought by using appropriate technical methods.

PROFIS CULTURAUX, ENRACINEMENT ET ASPECT DE L'ARBRE EN VERGERS DE LIMETTIERS A LA MARTINIQUE.

F. MADENBA-SY et B. DELVAUX.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, n° 3, p. 273-280.

RESUME - La conduite des vergers de limettiers aux Antilles françaises est confrontée depuis 1984 à un dépérissement aux conséquences économiques graves. Si la cause principale de ce dépérissement réside dans la présence d'un ravageur du système racinaire (*Diaprepes abbreviatus* L.), d'autres facteurs peuvent également jouer un rôle non négligeable.

Le présent article résume les observations réalisées sur l'enracinement et le profil cultural dans divers types de sols de la Martinique, pour des arbres d'aspect végétatif différent. Certains facteurs pédologiques peuvent être à l'origine de déficiences racinaires et du dépérissement de la plante : la présence de discontinuités texturales et structurales dans le profil, une compacité élevée et un déficit d'aération. Dans certains sols sableux, le drainage excessif contribue au stress hydrique des arbres.

Ces observations suggèrent qu'une optimisation des conditions physiques de l'environnement racinaire des arbres peut favorablement influencer leur état. Cette optimisation peut être recherchée par l'établissement d'un itinéraire technique adéquat.

INTRODUCTION

Dans le cadre du programme de diversification des cultures, près de 500 ha de limettiers de Tahiti (*Citrus latifolia* TAN.) ont été plantés en Martinique durant la période de 1978-1984.

A partir de 1984, un dépérissement des arbres âgés de 5 à 6 ans a entraîné une diminution de la production et, ensuite, une régression importante des surfaces plantées en limettiers. La présence d'une population très élevée de larves de Scarabaeidae ou de Curculionidae, se nourrissant du cortex racinaire, peut expliquer la disparition de certains vergers (MAULEON et MADEMBA-SY, 1988). Cependant, des dépérissements observés en l'absence de ces ravageurs suggèrent que d'autres facteurs pouvaient également intervenir.

Dans cette optique, une approche plus globale de l'étude du dépérissement s'est avérée nécessaire. Elle vise à rechercher s'il existe une relation entre l'état physique du profil cultural et l'enracinement, et à évaluer ses conséquences sur l'aspect de l'arbre.

LE MILIEU

Les conditions pédologiques et climatiques de la Martinique ont été décrites antérieurement (COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965 ; GUILLEMOT *et al.*, 1973). Le tableau 1 en résume succinctement la variabilité.

Dans le nord de l'île, deux zones peuvent être distinguées : le nord atlantique, exposé aux vents dominants et le nord caraïbe, versant ouest de la montagne Pelée ou côte «sous le vent». La différence d'exposition aux vents d'est dominants explique les pluviométries plus élevées, observées à altitude égale, dans le nord atlantique.

* - IRFA/CIRAD, B.P. 153 - 97202 FORT DE FRANCE Cedex

TABLEAU 1 - Variations globales du milieu en vergers de limettiers à la Martinique.

Zone géographique	Altitude (m)	Pluviométrie annuelle (mm)	Sols	
			Roche-mère	classification
Nord atlantique	20-150	2 000-2 500	cendres et ponces récentes	sols peu évolués
	150-270	2 900-3 300		sols peu évolués, andiques
	270-400	3 600-4 200		andosols désaturés
Nord Caraïbe	20-330	1 500-2 300	cendres et ponces récentes	sols peu évolués
	330-400	2 300-3 500		sols peu évolués, andiques et andosols désaturés
Centre-est	150-190	2 600-2 800	tuffs andésitiques	sols bruns andiques
	50-150	2 200-2 500		sols bruns eutrophes et/ou acides
Centre-sud	< 150	1 800-2 300	conglomérat de base	sols ferrallitiques faiblement désaturés en (B)
Sud	< 100	1 200-1 700	alluvions, brèches	sols vertiques, vertisols

Les sols, dérivés de cendres et ponces récentes sont répartis selon une topo-climosequence sol peu évolué → andosol, à altitude et pluviométrie croissantes. Cette distribution spatiale diffère cependant selon l'altitude, les andosols désaturés étant localisés à des altitudes plus élevées dans le nord caraïbe. Dans ces zones, la plupart des sols utilisés pour l'agrumiculture sont des sols peu évolués de texture sableuse à sablo-limoneuse à charge argileuse élevée (20-35 p. 100 d'éléments > 2 mm). Ces sols présentent de faibles teneurs en bases échangeables (GUILLEMOT *et al.*, 1973) et une vitesse élevée de l'infiltration de l'eau, pouvant atteindre plus de 30 cm/h (DELVAUX et GUYOT, 1989).

Dans les zones centre et centre-est de l'île, le climat est tropical humide et les sols dérivent essentiellement de tuffs andésitiques répartis selon une chronotopoclimosequence andosol → sol brun andique → sol brun rouille à halloysite (sol brun eutrophe ou acide), à altitude et pluviométrie décroissantes. Selon le même gradient, on mesure une augmentation de la teneur en argile et de la masse volumique. Les sols dérivés de tuffs ont une vitesse d'infiltration moindre que ceux dérivés de cendres et ponces (DELVAUX et GUYOT, 1989), les sols bruns andiques étant généralement mieux drainés que les sols brun rouille à halloysite.

Sur des matériaux plus anciens (conglomérats de base), les sols sont argileux (70-80 p. 100 argile) et présentent des caractères ferrallitiques à fersiallitiques («ferrisols» décrits par COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965) : leur compacité constitue une entrave au drainage interne et un obstacle mécanique non négligeable à la pénétration des racines.

Dans le sud de l'île, le climat est nettement contrasté (saison sèche marquée) : les sols dominants sont de type vertique. Très argileux et montmorillonitiques, leur vitesse d'infiltration de l'eau peut être très réduite (DELVAUX et GUYOT, 1989). Ces sols sont très peu affectés à l'agrumiculture.

METHODES

Les observations de profils culturaux et racinaires ont

été réalisées dans cinq exploitations agrumicoles, en juin 1986. On a systématiquement recherché la comparaison entre un arbre vigoureux, sans symptômes foliaires, et un arbre avec symptômes foliaires, du point de vue de la relation état physique du profil cultural-enracinement de la plante. Les cinq exploitations étudiées sont les suivantes :

Habitation Grand Case (commune du Prêcheur) : sols peu évolués sur cendres et ponces, zone nord-caraïbe.

Habitation Bellevue (commune du Marigot) : sols brun rouille à halloysite et ferrisols, zone centre-est.

Habitation Moulin-à-Eau (commune du Robert) : ferrisols, zone centre.

Habitation Concorde (commune de Sainte Marie) : sols bruns andiques, zone centre-est.

Habitation Rivière Lézarde (commune de Saint Joseph) : sol brun rouille à halloysite, zone centre.

Pour chaque exploitation et chaque type de sol, une parcelle représentative du verger a été retenue. Dans chaque parcelle, deux arbres ont été choisis :

- un arbre vigoureux, au feuillage dense, vert foncé, présentant tous les signes d'un bon développement et portant une récolte ;

- un arbre ayant eu la même croissance que le précédent, mais présentant les signes caractéristiques de dépérissement avec une décoloration du feuillage virant du vert au jaune, une chute des feuilles, un dessèchement des extrémités, des rameaux dégarnis accompagnés de peu ou pas de récolte.

On distinguera ainsi des arbres sans symptômes foliaires (arbres vigoureux) et des arbres avec symptômes foliaires. Par arbre, deux profils culturaux sont observés dans deux directions perpendiculaires, comme schématisé à la figure 1. Cette double observation permet d'observer le profil racinaire et le profil cultural dans la direction de la préparation de la plantation, limitée à un sillonnage (profil 1, fig. 1), et dans l'interrang (profil 2, fig. 1), lieu de passage des engins en cours de culture. Chaque profil est ensuite décrit

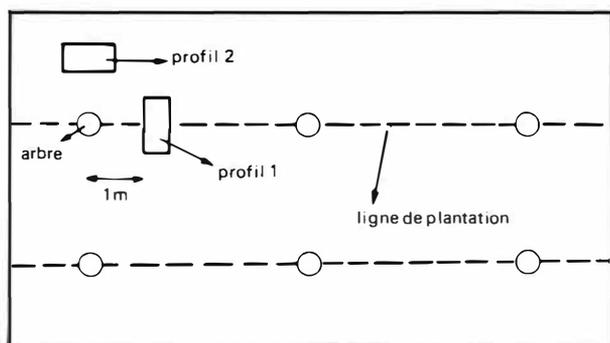


FIGURE 1 - DISPOSITION DES PROFILS PAR RAPPORT A L'ARBRE ET A LA LIGNE DE PLANTATION.
PROFIL 1 : PERPENDICULAIRE A LA LIGNE DE PLANTATION, A 1 M DU TRONC.
PROFIL 2 : PARALLELE A LA LIGNE DE PLANTATION, DANS L'INTERRANG.

selon des méthodes connues (HENIN *et al.*, 1969) ; des mesures de dureté sont effectuées dans chaque horizon culturel à l'aide d'un pénétromètre. Une description sommaire de l'enracinement est enfin réalisée : abondance, répartition, taille et état des racines, état du chevelu.

RESULTATS ET DISCUSSION

Vingt-deux profils ont été observés dans quatre types de sols différents. Les observations réalisées ont permis d'établir une codification relative à l'abondance des racines, leur taille et leur état, et à l'aspect du chevelu racinaire. Cette codification est présentée au tableau 2. Elle est utilisée dans les schémas des profils cultureux illustrés aux figures 2, 3, 4 et 5.

Sols peu évolués sur cendres et ponces d'altitude (alt. = 330 m) (Fig. 2).

Les profils observés sous **arbre sans symptômes** (photo 1) montrent, dans la ligne de plantation (profil 1a) et dans l'interrang (profil 2a) un enracinement relativement profond et uniformément réparti, toutes tailles de racines confondues : les racines présentent un chevelu abondant et fonctionnel (C4). Les horizons cultureux explorés sont de texture limono-sableuse. Leur consistance est friable et leur porosité très élevée. La photo 1 rend bien compte de la qualité de l'enracinement dans ce type de substrat (racines abondantes, bien réparties, chevelu vivant et fonctionnel). Ces horizons cultureux coiffent un horizon cimenté, massif à débit localement lamellaire, présentant une résistance mécanique élevée à la pénétration et par conséquent un

frein à la croissance du système racinaire en profondeur, comme illustré par les profils 1a et 2a (Fig. 2).

Sous arbre avec symptômes (Fig. 2), les horizons cultureux superficiels présentent, localement, des structures plus grossières à tendance massive et à faible porosité interne : on observe un enracinement moins dense et moins profond dans l'interrang et plusieurs racines en voie de pourriture. Dans ces conditions, le chevelu est le plus souvent contraint et aplati (C3) entre des agrégats massifs, voire pourri ou asphyxié (C2) dans les mottes à faible porosité interne. Les défauts de structure observés peuvent entraîner un déficit d'aération en période très pluvieuse, déficit vraisemblablement à l'origine des déficiences racinaires observées. Le système racinaire des agrumes est en effet réputé pour sa grande sensibilité à l'excès d'eau et à une mauvaise alimentation en oxygène (REBOUR, 1966). Cependant, le caractère superficiel des horizons explorés et la présence de ponces grossières à faible profondeur n'écarte pas la possibilité d'un stress hydrique en saison sèche, ce stress pouvant également contribuer à une croissance végétative moindre.

Ferrisols compacts (alt. = 120 m) (Fig. 3).

Ces sols dérivent de matériaux anciens (tableau 1) et présentent souvent une compacité très élevée (COLMET-DAAGE et LAGACHE, 1965 ; DELVAUX et GUYOT, 1989). Cette compacité est liée à leur teneur élevée en argile, de type kaolinique, et leur faible taux de matière organique. Les horizons de profondeur montrent généralement des indices de drainage imparfait : taches et concrétions traduisant une individualisation du manganèse et du fer. En raison de leur passé culturel (culture de canne à sucre), ces sols sont souvent remodelés et par conséquent tronqués (disparition ou atténuation importante des horizons humifères). Les conséquences de cette pratique sont graves : faible taux de matière organique, faible activité biologique et faible structuration (CHEVIGNARD, 1985).

Dans le cas du profil 1a, observé sous **arbre vigoureux** (fig. 3), l'horizon humifère paraît conservé. Cet horizon, argileux, présente une porosité interstitielle élevée, les agrégats étant de type granulaire et polyédrique fin : les racines sont assez nombreuses et bien réparties (R3) avec un chevelu fonctionnel (C4). L'horizon sous-jacent, très argileux, montre une structure prismatique grossière à tendance massive, dont la résistance mécanique à la pénétration est élevée : les racines sont localisées dans les fissures verticales. Dans le 3e horizon (50-100 cm), la texture est plus grossière (argile limoneuse) et le substrat est très poreux, cette porosité abondante étant liée à la présence d'anciens trajets racinaires (culture de canne à sucre). On observe dans cet horizon l'existence d'un second « plateau » racinaire bien développé [R3 (v)] à chevelu fonctionnel (C4).

TABLEAU 2 - Codification du système racinaire et du chevelu.

	RACINES				CHEVELU	
	Fréquence	Taille	Etat			
R1 racines rares	f	fine	o	v vivantes	o	C1 chevelu mort
R2 racines peu nombreuses	m	moyenne	o	p pourries	o	C2 chevelu pourri ou asphyxié
R3 racines assez nombreuses	g	grossière	O	m mortes	●	C3 chevelu écrasé ou aplati
R4 racines nombreuses						C4 chevelu abondant et fonctionnel

N.B. - L'absence de code signifie absence de racines et de chevelu.

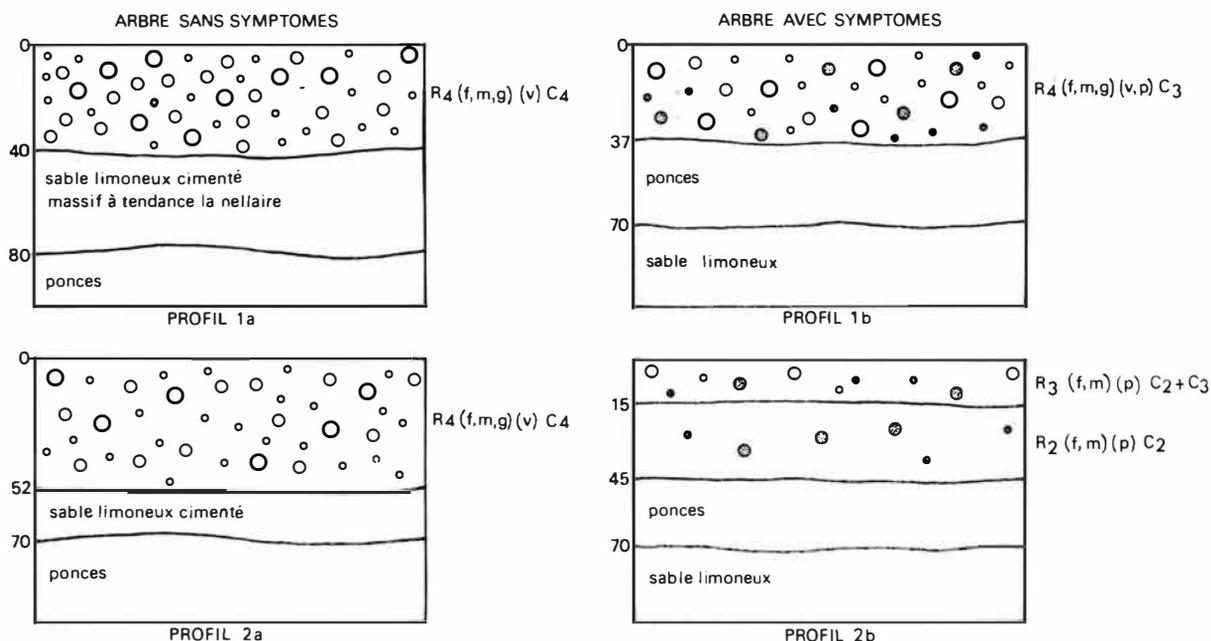


FIGURE 2 - PROFILS SCHEMATISES A PARTIR DES OBSERVATIONS REALISEES EN SOLS PEU EVOLUES, DERIVES DE CENDRES ET PONCES. POUR CHAQUE ARBRE, LES PROFILS SONT CREUSES DANS DES DIRECTIONS PERPENDICULAIRES (FIG. 1). LES SCHEMAS SONT NORMES A 150 CM DE LARGEUR ET 100 CM DE PROFONDEUR.

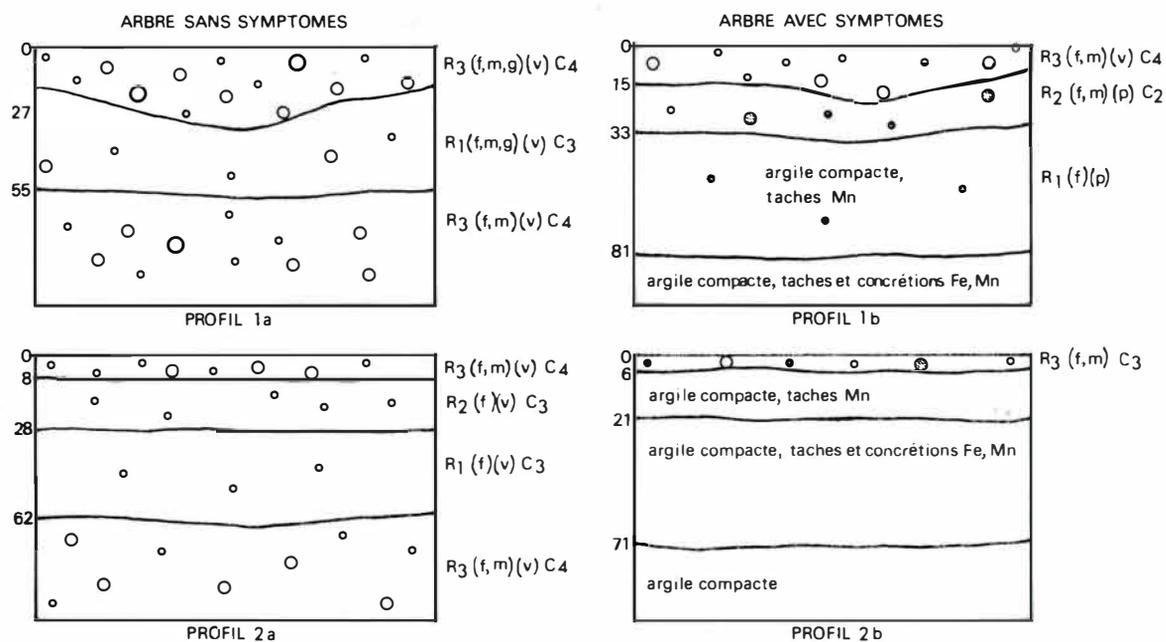


FIGURE 3 - PROFILS SCHEMATISES A PARTIR DES OBSERVATIONS REALISEES DANS DES FERRISOLS, DERIVES DE CONGLOMERATS ANCIENS. POUR CHAQUE ARBRE, LES PROFILS 1 ET 2 SONT CREUSES DANS DES DIRECTIONS PERPENDICULAIRES (FIG. 1). LES SCHEMAS SONT NORMES A 150 CM DE LARGEUR ET 100 CM DE PROFONDEUR.

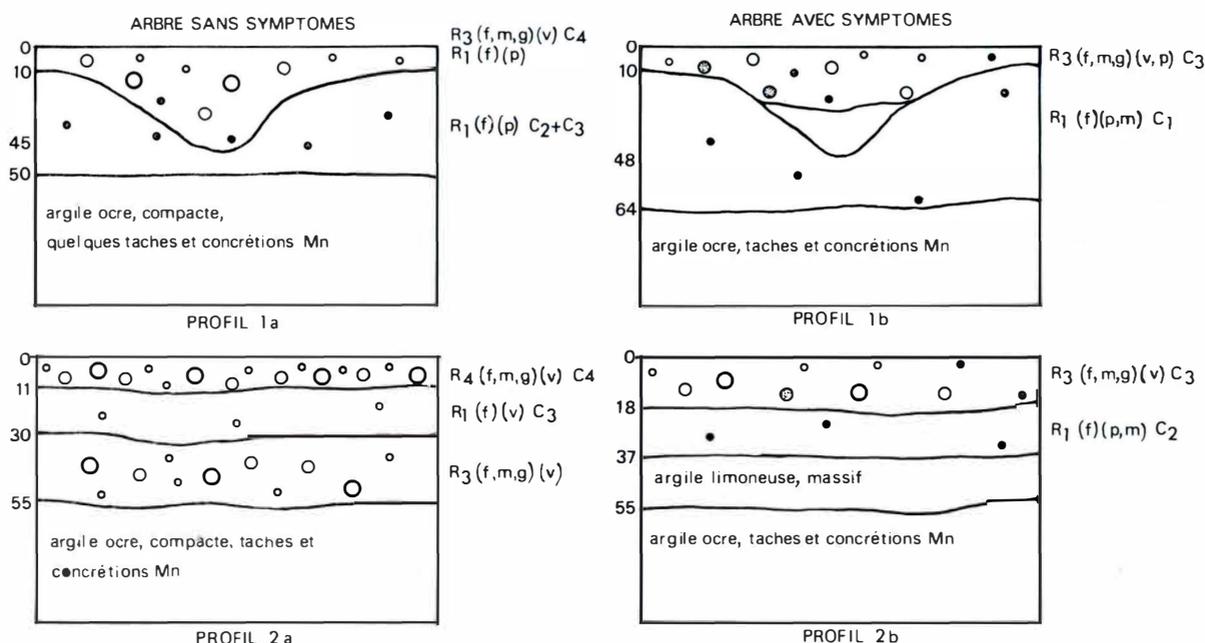


FIGURE 4 - PROFILS SCHEMATISES A PARTIR DES OBSERVATIONS REALISEES DANS LES SOLS BRUN ROUILLE A HALLOY-SITE, DERIVES DE TUFFS. POUR CHAQUE ARBRE, LES PROFILS 1 ET 2 SONT OBSERVES DANS DEUX DIRECTIONS PERPENDICULAIRES. SCHEMAS NORMES A 150 CM DE LARGEUR ET 100 CM DE PROFONDEUR.

Le profil 2a, sous arbre vigoureux (fig. 3), montre, par rapport à la figure 2, un horizon très superficiel, caractérisé par un feutrage racinaire important. L'existence d'un second «plateau» racinaire est également constatée.

Sous arbre avec symptômes foliaires (profils b, fig. 3), la partie fonctionnelle du système racinaire est localisée dans un horizon superficiel (0-15 cm ; 0-6 cm) présentant une structure granulaire à agrégats très fermes mais à porosité interstitielle très élevée. Cet horizon coiffe un matériau massif et compact, à résistance mécanique à la pénétration élevée, et présentant des signes de drainage imparfait : les racines sont peu nombreuses à rares, voire totalement absentes. Elles présentent en outre un état sanitaire médiocre, vraisemblablement lié à un drainage imparfait et une mauvaise alimentation en oxygène. Le chevelu racinaire est pourri, asphyxié et peu fonctionnel.

Sols brun rouille à halloysite (alt. = 100 m) (fig. 4).

Les deux profils observés perpendiculairement à la ligne de plantation (profils 1a et 1b, fig. 4) montrent un «sillon» bien marqué où se répartissent la plupart des racines (photo 2).

Sous arbre vigoureux, on observe un enracinement fonctionnel à chevelu actif dans l'horizon de surface, poreux et de structure granulaire : seules quelques racines fines présentent un état racinaire médiocre avec chevelu peu fonctionnel. Le profil 2a, observé dans l'interrang, montre l'existence de deux «plateaux» racinaires (0-11 et 30-55 cm). Les horizons sous-jacents sont des matériaux d'altération «ferrisolique» dérivés de matériaux plus anciens

(argile compacte à drainage imparfait).

Sous arbre avec symptômes foliaires (profils 1b et 2b), la plupart des racines sont localisées superficiellement (0-20 cm). Dans le profil 1, la porosité interstitielle est faible dans l'horizon de surface et le fonds du «sillon» présente des structures de type lamellaire. Dans ces conditions, on observe des racines pourries et un chevelu écrasé ou aplati entre les agrégats. L'état des racines et du chevelu est particulièrement médiocre dans l'horizon sous-jacent, compact et à structure massive.

Sols bruns andiques dérivés de tuffs (alt. = 140 m) (fig. 5).

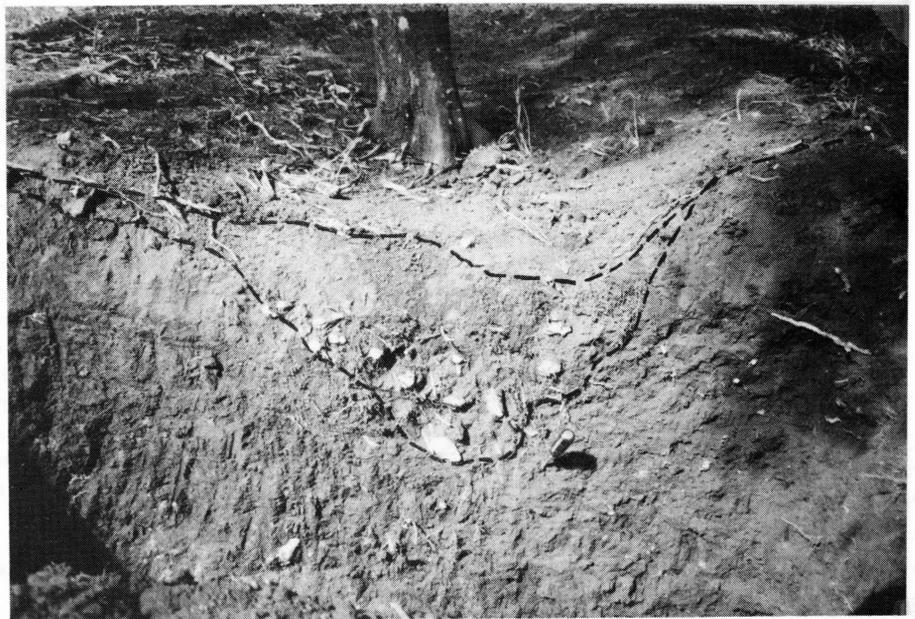
Les sols bruns andiques dérivés de tuffs en Martinique présentent généralement des propriétés physiques très favorables à l'enracinement des plantes : porosité élevée, faible résistance mécanique à la pénétration, bon drainage (DELVAUX et GUYOT, 1989). Deux facteurs peuvent cependant réduire le volume disponible à l'enracinement : la présence de tuff compact à faible profondeur et l'«affleurement» de matériaux «ferrisoliques», argileux et compacts.

Sous arbre vigoureux, sans symptômes, le substrat est limoneux, bien drainé et de porosité élevée, les limites d'horizons étant essentiellement liées au type de structure (granulaire en surface, polyédrique et plus grossière en profondeur) : le système racinaire est fonctionnel et bien réparti. Seul le chevelu racinaire présent dans l'horizon profond du profil 1a montre des signes de déficience (C₂ : chevelu pourri).



Photo 1 - Profil cultural et racinaire en sol peu évolué, dérivé de cendres et ponces.

Photo 2 - Profil cultural et racinaire en sol brun rouille à halloysite. Les traits discontinus matérialisent les limites d'horizons.



Sous arbre avec symptômes foliaires, l'enracinement est très superficiel et des contraintes importantes s'exercent sur le chevelu racinaire. La limitation de l'enracinement paraît liée à la présence, à faible profondeur, de couches impénétrables aux racines : tuff compact (profil 1b) et argile compacte (profil 2b). Dans cette habitation (Concorde, Sainte Marie), une correspondance systématique a été constatée entre la présence d'«affleurements» de matériaux argileux compacts et une croissance végétative moindre des limettiers.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

D'une manière générale, l'enracinement des arbres vigoureux, sans symptômes foliaires, est mieux réparti et plus profond. A ce titre, les sols les plus favorables sont les sols sableux, peu évolués, dérivés de cendres et ponces récentes. Dans les sols plus argileux (sols brun rouille à halloysite, ferrisols) la présence d'horizons plus compacts est limitante mais l'enracinement présente un second «plateau» racinaire plus profondément, si le milieu est favorable.

Dans le cas des arbres avec symptômes foliaires, l'enracinement est systématiquement de qualité moindre, pour diverses raisons. Dans les sols sableux, une faible épaisseur des horizons humifères et un sous-sol à drainage excessif

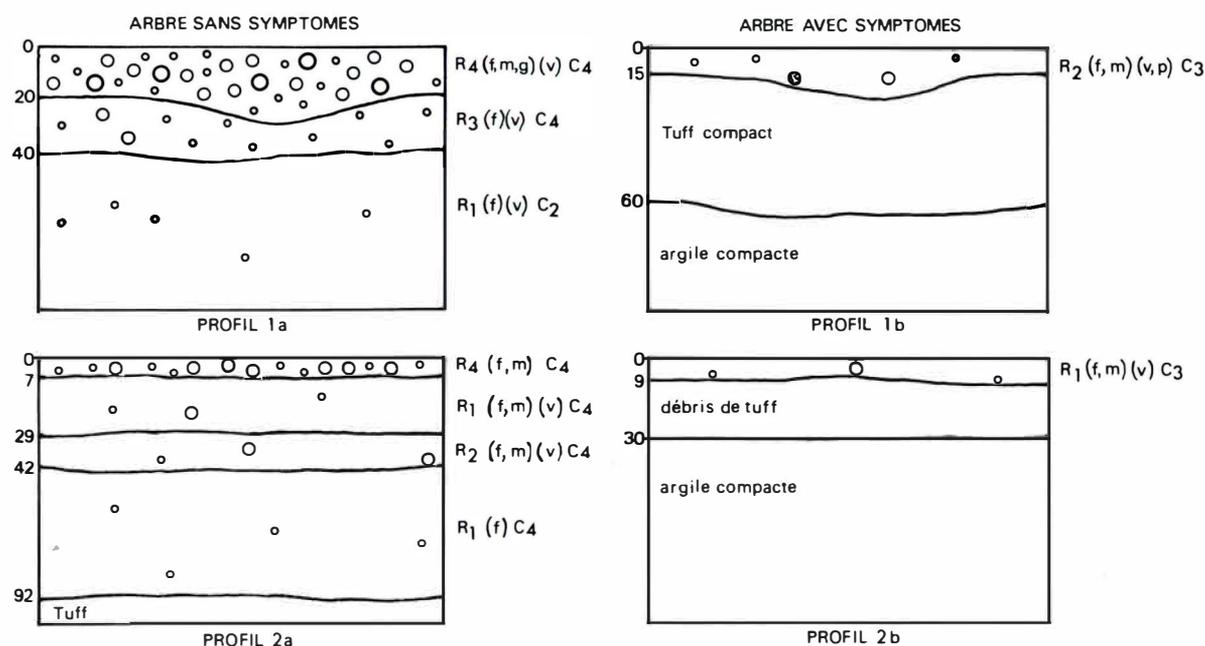


FIGURE 5 - PROFILS SCHEMATISES A PARTIR DES OBSERVATIONS REALISEES DANS LES SOLS BRUNS ANOIQUES DERIVES DE TUFFS. POUR CHAQUE ARBRE, LES PROFILS 1 ET 2 SONT OBSERVES DANS DEUX DIRECTIONS PERPENDICULAIRES (FIG. 1). SCHEMAS NORMES A 150 CM DE LARGEUR ET 100 CM DE PROFONDEUR.

(ponces) peut favoriser le stress hydrique. Dans les autres sols, des variations texturales et structurales dans le profil apparaissent très limitantes pour l'exploration des racines. Il peut s'agir d'horizons compacts ou cimentés (tuffs, matériaux argileux et compacts à faible profondeur), de structure massive à porosité faible et à drainage imparfait (mauvaise aération). Les conséquences sur l'enracinement sont essentiellement de deux types : absence de racines ou asphyxie systématique du chevelu racinaire et des racines fines.

En sus des cas de dépérissement attribuables à la présence de ravageurs du système racinaire des limettiers (MAULEON et MADEMBA-SY, 1988), une mauvaise préparation des terres au moment de l'implantation des vergers paraît également en cause. Celle-ci peut être liée à un mauvais choix des outils, leur mauvaise utilisation ou leur emploi dans de mauvaises conditions (par exemple une humidité élevée).

Compte tenu des observations réalisées, on peut penser qu'une optimisation des conditions physiques de l'environnement racinaire des arbres pourrait favorablement influencer leur état. Cette optimisation pourrait être atteinte par :

- un véritable travail du sol, profond, par exemple réalisé par un labour de défoncement dans les sols argileux ;
- l'obtention, par ce travail, d'une structure favorable, à porosité «inter-agrégats» élevée et sa permanence pendant la période la plus longue possible ;
- un dispositif permettant, le cas échéant, une bonne évacuation des eaux.

L'établissement d'un tel itinéraire technique fait actuellement l'objet d'une étude sur le site expérimental de l'IRFA à Rivière-Lézarde (sols brun rouille à halloysite). Un premier bilan des résultats sera présenté dans une publication ultérieure.

REMERCIEMENTS

Les observations présentées dans cet article n'auraient pu être réalisées sans l'accueil et la collaboration des agriculteurs de Martinique. Ils en sont ici vivement remerciés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHEVIGNARD (Th.). 1985.
Etude de la formation actuelle d'horizons humifères en milieu tropical.
Cas des sols de culture «remodelés» de la Martinique.
Thèse 3e cycle, 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
Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, III (2), 91-121.
- DELVAUX (B.) et GUYOT (Ph.). 1989.
Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ.
Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies intensives de la Martinique.
Fruits, 44 (12), 633-647.

GUILLEMOT (J.), LACHENAUD (J.L.) et DORMOY (Micheline). 1973.

Quelques caractéristiques des sols des zones bananières de la Martinique.

Fruits, 28 (5), 335-349.

HENIN (S.), GRAS (R.) et MONNIER (G.). 1969.

Le profil cultural.

L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.

Ed. Masson, Paris, 332 p.

MAULEON (H.) et MADEMBA-SY (F.). 1988.

Un ravageur des agrumes aux Antilles françaises

Diaprepes abbreviatus L.

Fruits, 43 (4), 229-234.

REBOUR (H.). 1966.

Les agrumes.

Bibliothèque d'horticulture pratique.

J.P. Bailliére et Fils, Paris.

PERFILES DE CULTIVO, ENRAIZAMIENTO Y ASPECTO DEL ARBOL EN HUERTOS DE LIMEROS EN MARTINICA.

F. MADEMBA-SY y B. DELVAUX.

Fruits, May-Jun. 1990, vol. 45, nº 3, p. 273-280.

RESUMEN - El manejo de los huertos de limeros en las Antillas Francesas se enfrenta desde 1984 a una debilitación con consecuencias económicas graves. Si la causa principal de esta situación reside en la presencia de un depredador del sistema de las raíces (*Diaprepes abbreviatus L.*), otros factores pueden desempeñar también un papel no desdeñable.

El presente artículo resume las observaciones realizadas sobre el enraizamiento y el perfil de cultivo en diversos tipos de suelos de Martinica, para árboles de aspecto vegetativo diferente. Algunos factores pedológicos pueden estar en el origen de deficiencias de las raíces y de la debilitación de la planta: la presencia de discontinuidades texturales y estructurales en el perfil, una compacidad elevada y un déficit de aeración. En ciertos suelos arenosos, el drenaje excesivo contribuye al stress hídrico de los árboles.

Estas observaciones sugieren que una optimización de las condiciones físicas del medio ambiente radicular de los árboles puede influenciar favorablemente su estado. Esta optimización puede buscarse mediante el establecimiento de un itinerario técnico adecuado.

