

Evolution des recherches à l'IRFA/CIRAD sur la fertilité en culture bananière intensive : groupes 'Cavendish' et 'Gros Michel'.

J. GODEFROY

Comme la notion de fertilité elle-même les recherches sur la fertilité en bananeraie ont fortement évolué au cours des 40 dernières années. Le but de cette «rétrospective» est de retracer les principales «étapes» de l'évolution des recherches à la fois sur le plan conceptuel et méthodologique. Ce sujet sera traité dans la première partie.

Dans une seconde partie, nous présentons, en nous basant sur «l'inventaire» des actions de recherches entreprises au cours des 20 dernières années, les principaux thèmes de recherches étudiés et leur importance relative.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il paraît souhaitable de préciser le sens actuel de la notion de fertilité pour les agronomes français.

Le concept de fertilité du sol, qui paraît clair, quand on se réfère à la productivité primaire des écosystèmes naturels, recouvre en réalité des notions variées dès lors que l'on se situe dans la perspective d'une utilisation agricole des écosystèmes. En agriculture intensive, comme c'est le cas de la culture des bananes destinées à l'exportation, la notion de fertilité est indissociable des pratiques culturales et

du niveau de technicité des agriculteurs. D'autre part, le classement des terres du point de vue de leur fertilité intrinsèque peut varier au cours du temps pour des raisons techniques ou de parasitismes. A titre d'exemple, les terres du Sud de la Martinique (argile montmorillonitique) considérées comme peu fertiles il y a 20 ans sont des terres de bonne fertilité depuis la création du périmètre irrigué du barrage sur la Manzo. Inversement, les terres du Nord (sols sur ponces) reconnues autrefois comme les meilleures pour la culture bananière sont celles où l'on maîtrise actuellement le moins bien le parasitisme racinaire lié à la monoculture (fatigue des sols).

La fertilité a été pendant longtemps considérée comme une propriété liée essentiellement aux facteurs chimiques du sol pouvant être améliorée par la fertilisation.

Actuellement, les notions de potentialité culturelle ou d'aptitude à produire tendent à se substituer à la notion de fertilité. Le sol le plus fertile est celui qui permet, au moindre coût, d'obtenir des rendements se rapprochant le plus des potentialités culturales. Les composantes de la fertilité ou de l'aptitude à produire sont résumées dans le tableau 1.

Première partie : EVOLUTION GENERALE DES RECHERCHES

Bien qu'il s'agisse d'une évolution progressive n'ayant pas toujours concerné l'ensemble des centres de recherches IRFA ou des chercheurs, il est possible de considérer quatre grandes périodes dans l'évolution conceptuelle et méthodologique des recherches sur la fertilité.

1. CARACTERISATION DU MILIEU PHYSIQUE ET MISE AU POINT DES PRINCIPALES TECHNIQUES CULTURALES AU NIVEAU REGIONAL (1946-1960)

Lorsque l'IFAC s'établit entre 1946 et 1948 dans les principaux pays francophones producteurs de bananes :

Guinée, Côte d'Ivoire, Cameroun, Martinique et Guadeloupe, l'une des priorités fut la caractérisation climatique et pédologique des stations de recherches et des zones bananières. L'étude des sols fut réalisée par des pédologues de l'ORSTOM : DUGAIN et MAIGNIEN en Guinée (7), DABIN et LENEUF en Côte d'Ivoire (12), BACHELIER (2) et DUGAIN (18) au Cameroun, COLMET DAAGE aux Antilles (8).

Pour les jeunes agronomes IFAC inexpérimentés, il fallait à la fois acquérir des connaissances sur la culture bananière et répondre en tant que conseillers à l'attente des producteurs.

TABLEAU 1 - Composantes de la fertilité ou de l'aptitude à produire.

Climat	MILIEU PHYSIQUE				Espèce et variété cultivée	Action de l'homme
	C. physiques	Sol		Autres contraintes		
		C. chimiques	C. biologiques			
. énergie lumineuse	. profondeur	. matière organique	. faune (+ et -)	. pente forte	. adaptation aux conditions du milieu ; notion d'aptitude culturelle	. action sur les conditions du milieu (techniques culturales)
. température	. texture terre fine	. macro-éléments	. micro organismes (+ et -)	. érosion		
. ETP-ETR	. éléments grossiers (graviers, cailloux, pierres, blocs)	. pH	. activités enzymatiques	. pierres et roches rendant la mécanisation impossible	↓	. notion de coût d'extériorisation et de risques
. O ₂ -CO ₂	. structure	. capacité de rétention (lixiviation)		. inondations		
. pluie	. porosité	. rétrogradation		. cyclones		
	. C. mécaniques (cohésion, dureté, plasticité, retrait)	. vitesse de transfert sol → solution → plante		. parasitisme «aérien»		
	. ressuyage	. toxicité et excès		. ressources et qualité des eaux disponibles		
	. RU et RFU			. résidus de pesticides non dégradables	. enracinement	
				. exsudats racinaires toxiques	. sélection	
				. mauvaises herbes	. amélioration génétique	

REMARQUES :

- . importance des facteurs limitants (absolus, importants)
- . interaction entre les différentes composantes
- . la culture peut être mono-spécifique ou une association
- . faune et micro-organismes : actions favorables (+) et défavorables (-)

Durant cette période les recherches des agronomes généralistes sont dominées par l'étude des techniques culturales les mieux adaptées localement (essais en stations expérimentales principalement) telles que : choix du matériel végétal pour planter, date de plantation, densité, fertilisation, irrigation, etc. La méthodologie la plus utilisée est celle des comparaisons de divers traitements selon des dispositifs en blocs de Fisher. Chaque fois que cela est possible et que le sujet s'y prête (études sur la fertilisation minérale ou organique) les caractéristiques chimiques et biologiques (Guinée) des sols sont étudiées en cours ou en fin d'expérimentation par les pédologues et par Y. DOMMERGUES microbiologiste de l'ORSTOM.

Parallèlement, les spécialistes IFAC de défense des cultures (phytopathologistes et entomologistes) mettent au point des techniques de lutte contre la principale maladie fongique du feuillage : le *Cercospora* (traitements à débits réduits au sol et par avion ou hélicoptère) et les parasites du sol : charançons et nématodes (BRUN, 3, 4, 5 ; CUILLE, 9, 10, 11 ; GUYOT, 42 ; VILARDEBO, 61, 62). Il convient de souligner que les parasitismes, au sens large, constituent souvent des facteurs limitants majeurs en culture bananière.

Avec la création en 1952 du laboratoire de physiologie végétale, commencent les études sur la nutrition minérale du bananier et le diagnostic foliaire (DUMAS, 19, 20).

Le service d'agropédologie ne sera créé qu'en 1965. A cette époque, les recherches de pédologie et de physiologie sont menées indépendamment. Dans les périodes suivantes, pédologues, physiologistes, agronomes généralistes et biométriciens travailleront souvent en étroite collaboration.

Au Cameroun, la fin des années 1950 est marquée par le début du remplacement du bananier 'Gros Michel' par le 'Poyo' en raison de l'extension de la maladie de Panama (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*). Cette «reconversion» entraîne un changement complet du système de culture.

Au début des années 1960 le niveau des connaissances sur le bananier était jugé suffisant pour publier deux ouvrages :

Le **bananier** dans la collection «Techniques agricoles et productions végétales» (J. CHAMPION, 1963).

La **culture bananière en Côte d'Ivoire** (J.M. CHARPENTIER et J. GODEFROY, 1963).

Ces premiers ouvrages seront suivis en 1967 du «**Manuel du planteur de bananes à Madagascar**» (J. ROBIN) et en 1978 de «**Le bananier et sa culture en Côte d'Ivoire**» (A. LASSOUDIERE).

2. ETUDE DES RELATIONS : SOL-PLANTE, BILANS MINÉRAUX, CARACTÉRISATION DES CARENES (1960-1970).

Tout en poursuivant les expérimentations au champ «classiques» sur les techniques culturales et la défense des cultures, de nouveaux types de recherches se mettent en place, à partir de 1960.

Essais sol-plante.

Les expérimentations réalisées aux Antilles sont destinées à étudier d'une façon quantitative et détaillée la nutrition minérale du bananier en fonction de son stade de développement, des conditions pédologiques et des saisons. Cette étude allait fournir des connaissances de bases sur la dynamique des éléments et sur les besoins nutritifs dans le bananier en vue de l'élaboration de la matière végétale et de la production des régimes.

Ces études effectuées sur 6 sites pédologiques et climatiques consistent en un suivi bimensuel des teneurs en éléments minéraux du sol (NH_4 , NO_3 , K, Ca, Mg, P, pH) et un bilan minéral complet des bananiers tous les deux mois de la plantation à la récolte (MARTIN-PREVEL, 48, 50, 51, 52, 53 ; MONTAGUT, 58, 59).

Les bananiers observés (sol et plante) sont choisis dans la population de la parcelle expérimentale suivant une méthode mise au point par le biométricien (P. LOSSOIS). Les paramètres climatiques sont relevés en fonction des moyens (limités) disponibles à l'époque.

Ces bilans réalisés sur le groupe 'Cavendish' : Poyo et Grande Naine, seront complétés plus tard par des études faites au Cameroun sur les cultivars : 'Americani' et 'Grande Naine' (MARCHAL, 47) et sur le Gros Michel (MARTIN-PREVEL, 54).

Caractérisation des carences minérales.

Etudes réalisées en Côte d'Ivoire en lysimètre de 0,5 m³ sur un substrat inerte (sable purifié). Les bananiers sont alimentés avec des solutions nutritives carencées en un élément (carence totale ou partielle). Observations sur la croissance, le développement, le régime et le système racinaire ; description des divers stades des symptômes de carence et photographies (CHARPENTIER, 7 ; MARTIN-PREVEL, 49).

Enquêtes sol-plante.

Le principe de ces enquêtes, régionales ou micro-régionales, est d'étudier dans les bananeraies des «lots» de parcelles cultivées dans des conditions similaires mais différentes par l'état végétatif des bananiers (bon et mauvais). Ces analyses «sol» et «plante» ainsi que les études réalisées précédemment par les pédologues et le suivi agropédologique et nutritionnel des parcelles des essais de fumure ont servi de base à l'établissement des normes d'interprétation des analyses de terre (diagnostic sol) et de feuilles (diagnostic foliaire).

Bilan des pertes des éléments minéraux fertilisants.

Le bilan des pertes par lixiviation est mesuré *in situ*, pendant 8 années (1966-1973), dans une fosse équipée d'un système de gouttières permettant de récupérer les eaux de ruissellement et de drainage jusqu'à 1,50 m de profondeur (cases «ERLO» mises en place par l'ORSTOM en Côte d'Ivoire). Les pertes sous bananeraies sont comparées à celles sous forêt (GODEFROY et ROOSE, 34, 36).

La méthode lysimétrique expérimentée en Côte d'Ivoire (fûts de 200 l) et en Martinique (cuves de 6 m³) ne convient pas bien pour le bananier.

3. ETUDE DU FONCTIONNEMENT DE L'AGROSISTÈME, AVERTISSEMENT AGRICOLE, PARCELLES DE CONTRÔLE ET DE RÉFÉRENCE (1970-1983)

Jusqu'au début des années 1970 les recherches sont «axées» principalement sur les conséquences des actes techniques, sur la productivité du bananier et sur les caractéristiques chimiques du sol (appauvrissement, enrichissement ou stabilité). Sous l'impulsion du directeur général, J. CUILLE, les recherches prennent une autre orientation. Ce changement est facilité par l'arrivée de la troisième génération d'agronomes.

Fonctionnement de l'agrosystème.

Les thèmes suivants ont été étudiés :

. Sol.

- évolution de la fertilité (matière organique, structure, caractéristiques chimiques) des sols à moyen terme (10 à 20 ans) : Côte d'Ivoire, Cameroun, Costa Rica, Gabon, étudiée par des analyses de terre annuelles dans des essais agronomiques de longue durée ou par comparaison de sols forestiers et cultivés (GODEFROY, 39, 40) ;

- dynamique des éléments minéraux fertilisants à court terme en Martinique et Côte d'Ivoire (sols minéraux et tourbeux) par le suivi mensuel d'analyses de terre ou des incubations en micro-lysimètre (GODEFROY, 41 ; PENEL, 60) ;

- dynamique de la biodégradation et de l'humification des résidus de culture, rôle des matières organiques sur la stabilité structurale. Pour ces études il a beaucoup été utilisé la méthode des incubations *in vitro* et *in situ* (GODEFROY, 33, 37, 38).

. Plante.

- croissance et développement du bananier en relation avec les facteurs du milieu ; approche des composantes de l'élaboration du rendement : Côte d'Ivoire et Antilles (GANRY, 22 à 27, 29 ; LASSOUDIÈRE, 43, 44, 45).

- besoins en eau du bananier (MEYER, 55, 56) .

- Remarques :

1. différentes recherches sur le fonctionnement de l'agro-système font l'objet de thèses :

- une sur l'évolution de la matière organique en relation avec la structure et la capacité d'échange cationique (GODEFROY, 35) ;

- deux sur la croissance et le développement du bananier en relation avec les caractéristiques climatiques et édaphiques (LASSOUDIÈRE, 46 ; GANRY, 30).

2. il faut noter l'absence de recherches sur la plante depuis 10 ans, à l'exception des études sur les racines (rhizotron, profils racinaires).

Avertissement bioclimatique.

Les avertissements agricoles ont pour objet de moduler les actes techniques afin de les réaliser à bon escient, contrairement aux actes techniques dits de «sécurité». Le but de ce type d'approche est de réduire le nombre d'actes techniques tout en maintenant les niveaux de production, c'est-à-dire d'augmenter la productivité. Dans le cas des engrais et des pesticides il faut aussi rechercher à diminuer la pollution des nappes et des ruisseaux ainsi que les dépenses inutiles d'énergie.

Les «données climatiques» apparaissent être le «dénominateur commun» de tous les systèmes d'avertissement.

Des modèles de fonctionnement aussi simples que possible, de façon à être applicables par les agriculteurs, ont été élaborés pour l'avertissement agricole :

- traitement du Cercospora en fonction de la température et de l'évaporation «Piche» (GANRY, LAVILLE, 32).

- irrigation en fonction de l'évaporation en bac de classe A et des pluies (MEYER, 57 ; GANRY, 28, 31) ,

- fumure minérale en fonction du groupe de sol, de la pluviosité et du cycle végétatif des bananiers (GODEFROY et DORMOY, 41),

- prévisions des récoltes en fonction de la température (GANRY, 28, 31).

- Remarques :

Passage difficile entre la recherche et le développement.

Parcelles de contrôle et de référence (PCR).

En Côte d'Ivoire l'IRFA prend en charge chez des planteurs la gestion de parcelles dans lesquelles les techniques culturales préconisées sont appliquées. Les productivités des parcelles gérées par l'IRFA et par le planteur sont comparées. Dans tous les cas les PCR ont eu les meilleures productivités.

Développement des recherches sur les sols tourbeux.

C'est durant cette période que les recherches sur les sols tourbeux des marais de l'Agnéby en Côte d'Ivoire débutés en 1960 vont réellement se développer. Ce programme de recherche est facilité par la création d'une «antenne» IRFA au Niéky et l'affectation permanente d'un agronome généraliste.

4. APPROCHE SYSTEME (ENQUETES-DIAGNOSTICS) ET RECHERCHE DE CRITERES DE CARACTERISATION DES SOLS PERMETTANT UNE MODELISATION DES OBSERVATIONS AU CHAMP (1983-1989)

Enquêtes-diagnostics.

Les objectifs peuvent différer suivant la connaissance préalable que l'on a des bananeraies. Une enquête conduite en Martinique dans des plantations étudiées depuis 30 ans ne peut avoir les mêmes objectifs qu'une enquête menée au Rwanda dans des bananeraies dans lesquelles aucune étude préalable n'a été faite. On peut distinguer les trois groupes d'objectifs suivants :

1.- Connaissance de la plante, du milieu et de la culture dans la région étudiée et inventaire des principaux problèmes.

- plante : développement, production, système racinaire, état nutritionnel et sanitaire, parasites des parties aériennes et souterraines ;

- milieu : écologie (climat et sol) ; établissement des seuils critiques des teneurs en éléments fertilisants pour l'interprétation des analyses de terre ; structures foncières et sociales ;

- culture : pratiques culturales, systèmes de culture.

2.- Hiérarchiser les facteurs limitants et favorables.

3.- Orienter les priorités de recherches.

Un des aspects positifs des enquêtes est que, de par leur nature pluridisciplinaire, elles obligent les chercheurs des différentes disciplines à travailler ensemble. Au champ, pour la collecte des données, sous la coordination d'un agronome généraliste ; au laboratoire pour leur interprétation, en collaboration étroite avec les biométriciens et les informaticiens. Au Rwanda un socio-économiste a même été associé à l'enquête.

Quatre enquêtes ont été réalisées :

Cameroun : 1983-1984 (DELVAUX, LASSOUDIÈRE, PERRIER, 13).

Martinique : 1986-1987 (DELVAUX, PERRIER, 14, 16).

Guadeloupe : 1987-1988 (DOREL, 17).

Rwanda : 1988-1989 cette dernière enquête concerne le groupe des bananiers «à bière» (à parafre).



Cases Erlo (Erosion, Ruissellement, Lessivage Oblique) pour l'étude de la lixiviation des éléments fertilisants.



Echantillonnage d'une hampe de bananier dans les essais «sol-plante».



Echantillonnage du sol dans une bananeraie.



Etude en lysimètres des symptômes de carences minérales.



Etude de la biodégradation des résidus de culture.
Incubations *in situ*.

(les sacs en nylon perforé remplis d'un mélange de terre et de résidus végétaux seront enterrés entre 10 et 15 cm de profondeur).

Recherche de critères de caractérisation des sols permettant une modélisation des observations au champ.

1. Recherche de critères de différenciation des sols tourbeux tropicaux permettant d'expliquer la dynamique de l'azote minéral observée dans des essais de fumure azotée (PENEL, 61).

2. Constituants et propriétés de surfaces des sols volcaniques.

Le modèle thermodynamique de DUFÉY, basé sur les isothermes d'échange K/Ca appliqué aux sols des bananeraies camerounaises et martiniquaises donne une très bonne représentation de la dynamique des cations observée *in situ* (DELVAUX, 15 ; FONTAINE, 21).

Le premier thème a fait l'objet d'un mémoire (61) et le second d'une thèse (15).

Deuxième partie : PRINCIPAUX THEMES ETUDIES AU COURS DES VINGT DERNIERES ANNEES (1968-1988).

Les différents thèmes de recherches et leur importance relative sont analysés d'après les actions de recherches menées dans les principaux pays producteurs de bananes où l'IRFA est implanté : Guadeloupe, Martinique, Cameroun, Côte d'Ivoire, Madagascar jusqu'en 1975.

Le terme d'action de recherche (AR) est utilisé pour désigner les essais tests ou études faisant l'objet d'une fiche «protocole d'expérimentation», auxquels est attribué un numéro et qui sont enregistrés au service «Archives». La présente étude est faite d'après la consultation des fiches archivées. Seules ont été prises en compte les expérimentations au champ, en lysimètre et en vases de végétation. Ces dernières sont récentes et peu nombreuses ; elles ne sont réalisables que depuis la possibilité d'obtention de petits bananiers par vitro-culture. La méthode des vases a été utilisée surtout pour les études sur la «fatigue des sols» (tests de BOUHOT) et le parasitisme des racines (nématodes et *Cylindrocladium*). D'autre part, il n'a pas été pris en compte les recherches effectuées sur les fruits après la récolte (conditionnement, etc.).

Le tableau 2 résume par pays et par thème le nombre des actions de recherches entreprises. Sa lecture montre la part importante des expérimentations consacrées

à la défense des cultures : entomologie et phytopathologie (46 p. 100 sur un total de 1068 AR).

ETUDES VARIETALES

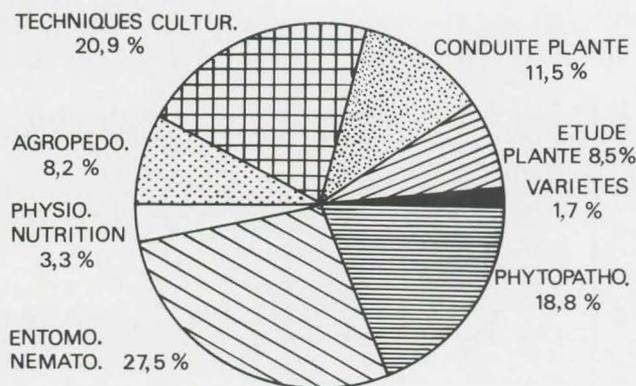
Ce thème a été peu étudié (1,7 p. 100). Il s'agit en majorité de comparaisons de cultivars entre eux ou en fonction des conditions écologiques, en particulier l'altitude. Les cultivars suivants ont été expérimentés : Grande Naine, Poyo, Sérédou, 901, Américani, Géant du Honduras, Williams, Lacatan, Cocos.

ETUDE DE LA PLANTE

Ces investigations (8 p. 100) cherchent à mettre en évidence les principales lois d'actions des conditions climatiques (température) et édaphiques (types de sol, humidité, aération), sur la croissance, le développement et la production du bananier. Les deux thèmes les plus étudiés, en raison de leur intérêt pratique (réservation du fret), sont : a) les relations entre la température ou la saison, et l'intervalle :

TABLEAU 2 - Actions de recherches sur les bananiers des groupes : Cavendish et Gros Michel (tests 56 p. 100), essais 44 p. 100) - 1968-1988

	Etude de la plante			Conduite de la plante							Techniques culturales							Entomologie Nématologie				Phytopathologie						Total général									
	Variétés	Croissance, développement	Photosynthèse	Racines	Total	Ecartement, densité	Oeilletonnage, recépage	Matériel plantation	Date plantation	Vitroplants	Autres	Total	Fertilisation	Besoins en eau, irrigation	Travail du sol	Rotations culturales, jachère	Désherbants	Mécanisation	Autres	Total	Physiologie et Nutrition	Nématodes	Charançons	Thrips	Total	Cercosporiose jaune	Cercosporiose noire		Cladosporiose	Bout de cigare	Cylindrocladium	Autres	Total				
Guadeloupe	4	19	1	16	36	4	4	1	-	6	3	18	7	3	-	1	5	1	1	18	-	2	17	28	-	28	-	-	-	-	-	45	28	-	-	28	151
Martinique	1	7	-	13	20	-	2	6	-	4	10	22	17	7	-	5	12	-	1	42	26	6	30	23	7	60	29	-	-	15	1	45	222				
Cameroun	7	1	1	1	3	3	5	5	5	2	12	32	28	2	2	6	5	2	1	46	7	15	36	22	1	59	34	28	16	-	2	80	249				
Côte d'Ivoire	5	10	3	8	21	7	13	5	3	4	11	43	63	2	3	5	9	2	2	86	50	10	102	22	-	124	18	-	-	-	9	48	387				
Madagascar	1	3	-	3	6	-	1	3	2	-	2	8	15	-	5	4	5	-	2	31	5	2	5	1	-	6	-	-	-	-	0	59					
Total	18	40	5	41	86	14	25	20	10	16	38	123	130	14	10	21	36	5	7	223	88	35	190	96	8	294	109	28	21	16	15	12	201	1068			
%	1,7				8,1							11,5								20,9	8,2	3,3				27,5						18,8	100				



REPARTITION DES ACTIVITES DE RECHERCHE

fleur-coupe ; b) l'estimation du poids du régime d'après des critères observables à la floraison (circonférences des stipes, nombre de mains, nombre de doigts).

Les études sur le **système racinaire** portent en grande majorité sur des observations de profils culturaux effectués dans différents sols et en fonction des pratiques culturales (travail du sol, irrigation, drainage). L'action de la température sur la croissance et le développement a été étudiée en rhizotron (Guadeloupe), et celle des conditions édaphiques (humidité, aération) derrière une vitre quadrillée *in situ* (Côte d'Ivoire).

Il faut noter le petit nombre d'actions de recherches (5) sur la mesure de la **photosynthèse**.

CONDUITE DE LA PLANTE

Les différents thèmes étudiés classés par importance décroissante en nombre d'actions représentent 11,5 p. 100 des expérimentations.

Oeilletonnage, recépage.

Les objectifs des essais d'oeilletonnage sont divers : réduction de la durée des cycles, homogénéisation ou orientation des dates de récoltes, maintien d'un alignement des bananiers pour faciliter la mécanisation.

La technique du recépage des rejets (cyclonage aux Antilles) est expérimentée pour orienter les récoltes sur les mois durant lesquels les prix de vente sont les meilleurs ou au moins éviter de produire les mois de mauvais cours. En cas de reconversion variétale, l'objectif est d'essayer d'accroître la production de rejets.

Choix du matériel de plantation.

Les expérimentations, généralement anciennes, comparent différents types de matériel végétal de plantation : rejets, rejets avec souche attenante, souches de bananiers ayant ou non fructifié. Depuis la récente utilisation des vitroplants on observe une reprise de ce type d'essai avec, en plus, la comparaison des rejets de vitroplants.

Vitroplants.

Sous cette rubrique nous avons regroupé des actions de recherches assez diverses telles que : observations de la vitesse de croissance en fonction de l'intensité lumineuse, tests de conformité, étude du stade optimum de transplantation au champ, comportement en fonction des conditions édaphiques.

Densité, écartement.

Comme les essais sur le matériel de plantation, ces thèmes surtout expérimentés dans les années 1950-1970 sont «réactualisés» par les vitroplants.

Date de plantation.

Les objectifs sont d'étudier l'influence de la saison de plantation sur : la croissance et le développement, la durée du cycle (intervalles : plantation-floraison-récolte), le rendement, la date de récolte des premier et second cycles.

Autres.

Sous cette rubrique nous avons regroupé diverses études telles que l'action sur les caractéristiques du régime (poids, grade, longueur des doigts, etc.) ou l'intervalle : floraison-récolte de l'ablation de la (ou des 2) dernière main, de la coupe de bourgeon mâle, du gainage avec un film de polyéthylène ; effet de l'éthrel sur le nombre de mains ; photodégradation des gaines plastiques ; tuteurage ou haubannage ; défoliation «provoquée» ; conservation du faux-tronc du bananier récolté ; substances de croissance.

TECHNIQUES CULTURALES

Vingt-et-un p. 100 des actions de recherches portent sur ce thème. Des sept classes de pratiques culturales distinguées, 58 p. 100 concernent des AR sur la fertilisation.

Fertilisation.

Sur les 130 actions de recherches menées 10 seulement (7,7 p. 100) portent sur la fumure organique. Cinq sont des essais ou des tests de paillage avec différentes matières végétales : plantes adventices, parches de café, coques de cacao, écarts de triage du conditionnement des bananes. Les autres expérimentations concernent des apports de matière organique enfouie superficiellement : composts divers, fumier de bovins, tourbe. L'essai le plus significatif est celui conduit en Côte d'Ivoire pendant 15 années qui comparait à un témoin des apports de paillis, de fumier, et de fumier+paillis, toutes les parcelles recevant une fertilisation minérale identique.

Du point de vue de la fumure minérale, les éléments les plus étudiés sont l'azote et le potassium, généralement combinés, puis la fumure magnésienne. Ces essais portent principalement sur des comparaisons de doses, de nombre de fractionnements ou des formes d'apport de l'azote :

urée, sulfate d'ammonium, nitrate de potassium, ou d'ammonium, engrais azotés à action lente. Dans quelques essais, le rapport K/N est maintenu constant. Plusieurs expérimentations combinent l'étude de la fumure et les traitements nématicides.

Au Cameroun où l'objectif des essais est d'améliorer la qualité des fruits (problème de la pulpe jaune) divers oligo-éléments sont étudiés : manganèse, bore, cuivre, zinc, ainsi que les proportions entre N, P, K, Ca, Mg, S.

En Côte d'Ivoire, la moitié des expérimentations concernent les sols tourbeux : azote, potassium, magnésium, calcium et oligo-éléments appliqués par pulvérisations foliaires (cuivre excepté) : manganèse, zinc, cuivre, molybdène, bore.

Enfin, mentionnons deux tests de fertigation en irrigation localisée et par aspersion sur frondaison.

Dés herbants.

Avec 36 actions de recherches (16 p. 100 des techniques culturales), cette pratique est la plus étudiée après la fertilisation. Il s'agit surtout d'expérimentations comparant des dés herbants et/ou des doses, ainsi que quelques tests de phytotoxicité et des screenings.

Rotations culturales et jachères.

Ce thème étudié dans les années 1960 dans l'«optique» d'une amélioration des caractéristiques physiques du sol a été abandonné. Après une «éclipse» d'une quinzaine d'années, ce sujet est, de nouveau, d'actualité mais avec pour objectif l'assainissement, vis-à-vis du parasitisme tellurique qui est la conséquence de la monoculture. La replantation des bananiers dans un sol assaini est indispensable si l'on veut valoriser au mieux les vitroplants dont l'un des intérêts est de planter avec un matériel végétal parfaitement sain.

Besoins en eau, irrigation.

Principalement réalisées aux Antilles (10 AR sur 14), les recherches portent sur la détermination de l'ETM, les quantités et la fréquence des irrigations.

Travail du sol.

Bien qu'importante, la préparation du sol n'a fait l'objet que d'un très petit nombre d'expérimentations : 10 actions de recherches (4,5 p. 100) dont 5 à Madagascar. En revanche, de nombreux profils culturaux ont été observés dans les bananeraies pour étudier l'influence du mode de travail du sol sur le développement des racines (non «comptabilisées» comme AR). Ce sont surtout ces observations qui ont servi de base au choix des itinéraires techniques de préparation des terres avant plantation.

Mécanisation.

Ce sous-thème (5 AR) correspond à des comparaisons entre les pratiques de plantation ou de gestion de la bananeraie manuelles et mécanisées.

Autres

Cette rubrique regroupe quelques expérimentations (7) sur le billonnage, le buttage, le drainage et la couverture du sol avec un film de polyéthylène.

AGROPEDOLOGIE

La majorité des AR d'agropédologie (88 soit 8 p. 100 du total) ont été menées dans des essais de fertilisation minérale ou organique. Les thèmes suivants sont étudiés :

- dynamique et lixiviation des éléments minéraux fertilisants dans le complexe : sol-bananeraie-climat,
- vitesse de minéralisation et humification des résidus de culture,
- dynamique de la matière organique après la mise en culture d'un sol forestier et en fonction des apports organiques. Relations avec la structure du sol et la capacité d'échange cationique,
- évolution à moyen et long termes de la fertilité sous bananeraie,
- minéralisation de l'azote organique dans les sols minéraux et tourbeux,
- ammonification et nitrification des engrais azotés,
- activité microbiologique globale.

PHYSIOLOGIE

Le nombre relativement faible d'études sur la physiologie (35 AR soit 3 p. 100) au cours des 20 dernières années, tient à ce que la majorité des recherches sur la nutrition minérale du bananier ont été réalisées entre 1955 et 1965 (cf. première partie). D'autre part, depuis quelques années l'activité de ce laboratoire est très orientée sur la physiologie des fruits après récolte.

Du point de vue de la nutrition d'assez nombreux essais ou tests concernent les problèmes de la pulpe jaune déjà mentionnés. Les autres études portent sur les bilans minéraux, les solutions nutritives, les relations rejet-pied mère avec comme traceur le P32, la nutrition azotée avec N 15 (vitesses comparées d'absorption et de métabolisation de NO₃ et NH₄).

D'autres domaines de la physiologie sont abordés : mesures du potentiel électro-physiologique, régulation et résistance stomatiques, action des anti-transpirants, production de matière sèche, retardateurs de croissance, études sur l'inflorescence, culture de bourgeons. Les mesures de photosynthèse ont été mentionnées dans l'étude de la plante.

ENTOMOLOGIE ET NEMATOLOGIE

Près du tiers des expérimentations au champ sont consacrées à la lutte contre les ravageurs : nématodes (64 p. 100), charançons (33 p. 100), thrips (3 p. 100). La grande majorité des essais et tests portent sur des comparaisons d'efficacité de divers pesticides et sur les doses optimales d'emploi. La désinfection du matériel végétal de plantation (souches ou rejets) par pralinage avec adjonction d'un nématicide est, aussi, souvent expérimentée, en particulier pour la plantation dans des terres assainies par une jachère ou une rotation culturale. Quelques études s'intéressent à l'évolution saisonnière du niveau d'infestation en nématodes, en fonction du stade végétatif des bananiers.

PHYTOPATHOLOGIE

Les recherches sur les méthodes de lutte contre les maladies fongiques du feuillage, des fruits ou des racines, représentent 19 p. 100 des AR. La cercosporiose jaune est de loin la maladie qui a été la plus étudiée (45 p. 100 des 201 AR), suivi de la cercosporiose noire (14 p. 100) et de la cladosporiose (10 p. 100), qui s'attaquent toutes les trois au feuillage. Sur les fruits la principale maladie étudiée est le «bout de cigare» (8 p. 100) et sur les racines le *Cylindrocladium* (8 p. 100). Enfin mentionnons quelques maladies (6 p. 100) réunies sous la rubrique «autres» telles que les marbrures, l'antracnose, la mosaïque ; les tests de BOUHOT sur la «fatigue des sols» sont comptabilisés dans cette rubrique.

Comme pour les ravageurs la majorité des essais et des tests concernent l'étude de l'efficacité des divers fongicides de lutte et les doses d'emploi. Les relations entre le développement des champignons et les conditions climatiques (maladies des organes aériens) ou édaphiques (maladies des racines) sont aussi étudiées dans le but de mettre au point des stratégies de lutte les plus économiques possibles (avertissement).

CONCLUSION

En guise de conclusion nous formulons quelques propositions d'orientations de recherches suscitées par cette «réflexion» sur l'évolution des recherches relatives à la fertilité ou potentialité culturale en bananeraie.

1. Facteurs d'élaboration du rendement.

Une synthèse à partir des travaux IRFA et des données bibliographiques afin de bien préciser ce qui est connu de ce qui ne l'est pas est à effectuer au préalable.

2. Détermination des potentiels de productivité à trois «niveaux» pour un cultivar donné.

1. Rendement quantique théorique ou potentialité maximale théorique d'assimilation de CO₂ en fonction de l'énergie lumineuse reçue.

2. Potentialité agricole maximale dans les conditions climatiques et édaphiques optimales du milieu par l'amélioration maximale des caractéristiques physico-chimiques et hydriques du sol (alimentations minérale et hydrique non limitantes) et par la suppression ou la réduction maximale des diverses contraintes (vent, parasitisme, drainage, etc.), sans souci de coût.

3. Potentialité agricole réelle en fonction du milieu dans les conditions de culture du moment.

La comparaison des productions des parcelles «2» et «3» avec le rendement potentiel théorique ou rendement quantique permettrait de les «situer» par rapport à cette référence et d'estimer les gains de productivité qu'il est raisonnablement possible d'espérer.

3. Parcelles pour suivi de la fertilité à long terme.

Mise en place sur station expérimentale de 3 ou 4 types de parcelles dans lesquelles seraient faites, régulièrement, des observations sur :

- la plante (croissance, développement, état nutritionnel, production),
- l'évolution du sol (caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques),
- les parasites du sol,
- les maladies des organes aériens.

Egalement des observations météorologiques complètes du site.

1. Parcelles à potentialité culturale maximale.

2. Parcelles cultivées dans les conditions du moment selon les conseils donnés par l'IRFA.

3. Parcelle en jachère servant de référence, à défaut de disposer d'une parcelle sous végétation naturelle (forêt). Pour les études sur l'évolution de la fertilité des sols cultivés, il est, en effet, indispensable de pouvoir se référer à un écosystème naturel. Il serait même souhaitable d'avoir une seconde parcelle non cultivée dans laquelle on apporterait les mêmes intrants (fumure, pesticides, etc.) que dans la bananeraie.

4. Etude des sols calcaires, gypseux et salés et des eaux salées.

Les récentes interventions de l'IRFA dans les régions méditerranéennes et arides posent le problème de la connaissance de l'aptitude de ces sols pour la culture bananière ainsi que celui de l'aménagement et de la gestion technique des bananeraies, en particulier dans les domaines du drainage (eaux salées), de l'irrigation et de la fertilisation.

Un programme de recherche serait à mettre en place.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUBERT (B.). 1968.
Etude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier.
Fruits, 23 (7), 357-381 ; 23 (9), 483-494.
2. BACHELIER (G.), CURIS (M.) et MARTIN (D.). 1956.
Etudes pédologiques faites à la station de l'IFAC à Nyombé (Cameroun).
Doc. ORSTOM, 31 p.
3. BRUN (J.). 1948.
La maladie de Sigatoka du bananier, causée par *Cercospora musae*.
Fruits, 3 (1), 13-20.
4. BRUN (J.). 1958.
Les traitements pesticides à débits réduits.
Etude sur l'action des fongicides huileux dans la lutte contre le *Cercospora*.
Fruits, 13 (1), 3-14.
5. BRUN (J.). 1963.
La cercosporiose du bananier en Guinée.
Etude de la phase ascorporée de *Mycosphaerella musicola* LEACH
Thèse - IFAC Paris, 196 p. - ARC 0-285.
6. CHAMPION (J.), DUGAIN (F.), MAIGNIEN (R.) et DOMMERMES (Y.). 1958.
Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée.
Fruits, 13 (9-10), 415-462.
7. CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.). 1965.
Culture sur milieu artificiel. Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs. Carences en oligo-éléments chez le bananier.
Fruits, 20 (10), 521-557.
8. COLMET DAAGE (F.) et GAUTHEROU (J.). 1969.
Carte des sols à 1/20 000 de la Guadeloupe et de la Martinique.
ORSTOM.
9. CUILLE (J.). 1950.
Recherches sur le charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* GERM.
Thèse - SETCO Paris, 233 p. - ARC 0-342.
10. CUILLE (J.). 1951.
Récents améliorations des procédés de lutte utilisables contre le charançon du bananier.
Fruits, 6 (7), 280-284.
11. CUILLE (J.) et GUYOT (H.). 1957.
Les traitements pesticides à débit réduit en culture fruitière tropicale.
Fruits, 12 (11), 460-475.
12. DABIN (B.) et LENEUF (N.). 1960.
Les sols de bananeraies de la Côte d'Ivoire.
Fruits, 15 (1), 3-27 ; (2), 77-88 ; (3), 117-127.
13. DELVAUX (B.) et LASSOUDIÈRE (A.). 1984.
Etude agropédologique de la zone bananière camerounaise. Enquête diagnostic.
Doc. IRFA, 151 p., annexes.
14. DELVAUX (B.) et PERRIER (X.). 1987.
Compte rendu du traitement de l'enquête Martinique.
Doc. IRFA, 14 p.
15. DELVAUX (B.). 1988.
Constituants et propriétés de surface des sols dérivés de pyroclastes basaltiques du Cameroun occidental. Approche génétique de leur fertilité.
Thèse - Université catholique de Louvain, 335 p., annexes.
16. 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.
Doc. IRFA, 50 p.
17. DOREL (M.). 1989.
Enquête diagnostic en bananeraie. Etude des facteurs limitants.
Doc. IRFA, 92 p.
18. DUGAIN (F.). 1960.
Etude sur la fertilité des sols de la plaine bananière du Cameroun.
Fruits, 15 (4), 153-170.
19. DUMAS (J.). 1958.
Détermination d'une feuille origine pour l'étude des bananiers cultivés.
Fruits, 13 (5), 211-224.
20. DUMAS (J.). 1960.
Contrôle de la nutrition de quelques bananeraies dans trois pays africains.
Fruits, 15 (6), 277-290.
21. FONTAINE (Sylvie). 1988.
Propriétés de surface et constituants de sols volcaniques de la Martinique.
Dynamique du potassium en culture bananière.
Mémoire de fin d'étude, Université de Louvain, 65 p.
22. GANRY (J.). 1973.
Etude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température.
Fruits, 28 (7-8), 499-516.
23. GANRY (J.) et MEYER (J.P.). 1975.
Recherche d'une loi d'action de la température sur la croissance des fruits du bananier.
Fruits, 30 (6), 375-392.
24. GANRY (J.). 1976.
Recherche d'une relation entre température mesurée sous abri et température agissant au niveau des zones de croissance du bananier. Application au calcul d'une vitesse de développement.
Fruits, 31 (10), 587-598.
25. GANRY (J.). 1977.
Détermination *in situ* du stade de transition entre la phase végétative et la phase florale chez le bananier utilisant le coefficient de vitesse de croissance des feuilles. Essai d'interprétation de quelques processus de développement durant la période florale.
Fruits, 32 (6), 373-386.
26. GANRY (J.). 1978.
Calcul des «sommes de vitesse de développement» et des températures moyennes journalières à partir du minimum et du maximum journaliers de température sous climat tropical et équatorial.
Fruits, 33 (4), 221-236.
27. GANRY (J.). 1978.
Recherche d'une méthode d'estimation de la date de récolte du bananier à partir des données climatiques dans les conditions des Antilles.
Fruits, 33 (10), 669-680.
28. GANRY (J.). 1979.
Analyse du milieu climatique et la notion d'avertissement en agriculture. Cas de la culture bananière aux Antilles.
Actes du Colloque «Informatique et Biosphère», Abidjan, p. 67-87 - Cote IRFA 9-327.2
29. GANRY (J.). 1980.
Le développement du bananier en relation avec les facteurs du milieu.
Fruits, 35 (12), 727-743.
30. GANRY (J.). 1980.
Action de la température et du rayonnement d'origine solaire sur la vitesse de croissance des feuilles du bananier (*Musa acuminata* COLLA). Application à l'étude du rythme de développement de la plante et relation avec la productivité.
Thèse - Université de Paris VII, 337 p. - IRFA - ARC 10-288
31. GANRY (J.). 1981.
Les avertissements agricoles dans la culture bananière aux Antilles françaises.
Ve Réunion ACORBAT, Guayaquil (Equateur), 20 p. - Cote IRFA 11-132.
32. GANRY (J.) et LAVILLE (E.). 1983.
Les cercosporioses du bananier et leurs traitements.
1.- Traitements fongicides. 2.- Avertissement.
Fruits, 38 (1), 3-20.
33. GODEFROY (J.) et CHARPENTIER (J.M.). 1969.
Action de la fumure organique sur les caractéristiques chimiques et structurales d'un sol de bananeraie.
Fruits, 24 (1), 1969, 21-42.
34. GODEFROY (J.) et ROOSE (E.). 1970.
Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire.
Fruits, 25 (6), 403-423.
35. GODEFROY (J.). 1974.
Evolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique.
Thèse - Nancy ; CNRS n° AO-9296 ; 166 p.

36. GODEFROY (J.) et ROOSE (E.). 1975.
Estimation des pertes par les eaux de ruissellement et de drainage des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie du sud de la Côte d'Ivoire.
Fruits, 30 (4), 223-235.
37. GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.). 1975.
Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales ; comparaison avec les sols forestiers.
Fruits, 30 (10), 595-612.
38. GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.). 1975.
Influence de la végétation sur l'humification en sol ferrallitique.
Cahier ORSTOM, série Pédol., XIII, (3/4), 275-298.
39. GODEFROY (J.). 1976.
Evolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture bananière ; caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, 31 (2), 75-82.
40. GODEFROY (J.) et MELIN (Ph.). 1977.
Evolution de la fertilité d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture bananière.
Fruits, 32 (1), 3-8.
41. GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1983.
Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans les sols des bananeraies martiniquaises.
Fruits, 38 (5), 373-387 et (6), 451-459.
42. GUYOT (H.) et CUILLE (J.). 1958.
Les traitements pesticides à débit réduit en culture fruitière tropicale.
Essai de prévision des attaques de *Cercospora* en Guadeloupe.
Fruits, 13 (3), 85-94.
43. LASSOUDIÈRE (A.). 1971.
Evolution des dimensions des bananes entre l'émission de l'inflorescence et la récolte du régime.
Fruits, 26 (5), 321-331.
44. LASSOUDIÈRE (A.). 1972.
Evolution des caractéristiques des inflorescences avant leur sortie du faux-tronc du bananier.
Fruits, 27 (1), 5-15.
45. LASSOUDIÈRE (A.). 1978.
Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier Poyo en Côte d'Ivoire.
Fruits, 33 (5), 293-338 ; (6), 373-412 ; (7-8), 457-503.
46. LASSOUDIÈRE (A.). 1977.
Croissance et développement du bananier «Poyo» en Côte d'Ivoire.
Thèse - Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan - 112 p.
- IRFA ARC 7-294.
47. MARCHAL (J.) et MALLESSARD (R.). 1979.
Comparaison des immobilisations minérales de quatre cultivars de bananiers à fruits pour cuisson et de deux «Cavendish».
Fruits, 34 (6), 373-392.
48. MARTIN-PREVEL (P.). 1962.
Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime.
Fruits, 17 (3), 123-128.
49. MARTIN-PREVEL (P.) et CHARPENTIER (J.M.). 1963.
Culture sur milieu artificiel. Symptômes de carences en six éléments minéraux chez le bananier.
Fruits, 18 (5), 221-247.
50. MARTIN-PREVEL (P.), MONTAGUT (G.), GODEFROY (J.) et LACOEUILHE (J.J.). 1965.
Essais sol-plante sur bananiers : une méthode d'étude de la fertilité.
Fruits, 20 (4), 157-169.
51. MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). 1966.
Essais sol-plante. Les interactions dans la nutrition minérale du bananier.
Fruits, 21 (1), 19-36.
52. MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). 1966.
Essais sol-plante. Dynamique de l'azote dans la croissance et le développement du végétal.
Fruits, 21 (6), 283-294.
53. MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). 1966.
Essais sol-plante sur bananiers. Fonctions des divers organes dans l'assimilation de P, K, Ca, Mg.
Fruits, 21 (8), 395-416.
54. MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). 1968.
Les éléments minéraux dans le bananier «Gros Michel» au Cameroun.
Fruits, 23 (5), 259-269.
55. MEYER (J.P.) et SCHOCH (P.G.). 1976.
Besoin en eau du bananier aux Antilles. Mesure de l'évapotranspiration maximale.
Fruits, 31 (1), 3-19.
56. MEYER (J.P.). 1976.
Premières indications sur l'irrigation localisée en culture bananière en Martinique.
Fruits, 31 (6), 349-352.
57. MEYER (J.P.). 1978.
Proposition de bulletins d'irrigation des bananiers aux Antilles.
Réunion annuelle IRFA/CIRAD, Montpellier, doc. n° 88, 8 p.
58. MONTAGUT (G.), MARTIN-PREVEL (P.), GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1965.
Les essais sol-plante sur bananiers.
Fruits, 20 (6), 261-281.
59. MONTAGUT (G.), MARTIN-PREVEL (P.) et LACOEUILHE (J.J.). 1965.
Essais sol-plante : nutrition minérale comparée dans six essais.
Fruits, 20 (8), 398-410.
60. PENEL (J.P.) et GODEFROY (J.). 1982.
Evolution saisonnière de l'azote minéral de quelques sols tourbeux tropicaux sous culture bananière.
Fruits, 37 (10), 581-593.
61. PENEL (J.P.). 1987.
Recherche de critères de différenciation des sols hydromorphes tourbeux tropicaux en relation avec la dynamique de l'azote. Application à la fertilisation azotée des bananeraies.
Fruits, 42 (7-8), 403-416 ; (9), 479-492 ; (10), 549-566.
62. VILARDEBO (A.). 1959.
Note sur la lutte contre les nématodes du bananier en Guinée.
Fruits, 14 (3), 125-126.
63. VILARDEBO (A.) et LUC (M.). 1961.
Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'Ouest africain.
Fruits, 16 (5), 205-219 ; (6), 261-279.