

**LES ÉTUDES SUR BANANIERS
RÉALISÉES PAR
L'INSTITUT DE RECHERCHES
SUR LES FRUITS ET AGRUMES
(1972 - 1975)
RÉUNION ANNUELLE 1975**

Exceptionnellement, la revue FRUITS présente à ses lecteurs un numéro plus important que d'ordinaire et qui remplace les livraisons des mois d'avril et de mai 1976. Cette initiative n'est pas réellement une nouveauté, car dans le passé de la revue des numéros spéciaux ont été édités à plusieurs reprises.

Jusqu'à présent, les exposés et les concertations des réunions annuelles techniques de l'Institut étaient restées internes. Il a paru intéressant d'en publier l'essentiel, qui constitue une synthèse des activités de plusieurs années et qui rend compte de l'évolution des problèmes, des solutions qui ont pu être apportées.

En espérant que les lecteurs qui ne seraient pas concernés par les recherches sur les bananiers comprendront nos motivations, ce qui n'exclut pas qu'ils puissent nous faire connaître leur point de vue, nous souhaitons que cette publication soit jugée quant à son opportunité et son intérêt et que l'on nous en fasse part.

Les documents et les synthèses ont été rédigés sous la direction de J. CHAMPION, par l'ensemble des agronomes et des spécialistes de la section bananiers de l'IRFA. Leurs noms sont cités dans le texte. La Rédaction de la revue s'est efforcée de les disposer au mieux selon un plan qui apparaît dans le sommaire des pages suivantes.

La Direction générale de l'IRFA

FRUITS

FRUITS D'OUTRE-MER

Revue mensuelle de l'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (IRFA)

RÉDACTION : 6, rue du Général Clergerie . 75116-Paris * Tél. : 553.16-92 * CCP : 4870.60-Paris

ABONNEMENTS :

Série A : France...un an **120 F**, Etranger...un an **150 F**
 le numéro...France **12 F**, Etranger **15 F**
Série B : France...un an **270 F**, Etranger...un an **300 F**
 le numéro...France **27 F**, Etranger **30 F**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	235
IRFA : un organisme de recherches fruitières	235
Organisation générale	235-238
Place de la section bananiers dans l'ensemble IRFA (1972-1975)	238-240
Réunion annuelle de l'IRFA	240
OBJECTIFS ET PROBLÈMES	241
Paramètres de l'élaboration des programmes	241
Objectifs des études bananières	242
Conditions particulières de ces études	242
Connaissance du bananier	242
Connaissance de la population de bananiers	242-243
Problèmes posés par les utilisateurs	243-244
MÉTHODES DE TRAVAIL EN RECHERCHE BANANIÈRE	245
Expérimentations en champ	245
Observations des bananiers	245-246
Parcelle de bananiers	246-251
Nombres de répétitions	251-253
Choix du dispositif en expérimentation au champ	253-257
Études spécialisées	258-263
RÉSULTATS OBTENUS ET PROGRÈS EN COURS	265
Études du bananier et des fruits	265
Études des variétés	265
Problème des plantains	265-267
Variétés de bananes douces	267-268
Études de la croissance et du développement	268
La croissance foliaire	268-269
Croissance de la tige florale et des diverses parties de l'inflorescence	269-273
Développement du bananier durant plusieurs cycles, dans diverses conditions écologiques	273-274
Fonctions de nutrition	274
Alimentation hydrique	275

Nutrition minérale	275-276
Nutrition carbonée	276-277
Études sur les populations de bananiers	278
Aménagement et préparation des sols	278
Densités et dispositions	278-279
Cycles de production et durée des bananeraies	279
Protection des populations contre les agressions climatiques	279
Maintien de l'état sanitaire des populations	280
Maladies d'origine fongique	280-282
Maladies des fruits	282-285
Maladies virales ou d'origine inconnue	286-287
Nématodes	287
Évolution récente et tendances actuelles de la conception de lutte	287-288
Assainissement du matériel végétal	288-290
Études sur les traitements nématicides	290-292
Charançon du bananier	292-293
Rouilles du fruit, chenilles	294-295
Fertilisation en bananeraie	296
Études agro-pédologiques	296
Évolution des éléments minéraux et organiques apportés au sol	296-297
Action des fertilisants minéraux et organiques sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol	297-298
Évolution du sol sous culture	298-299
Contrôle de la nutrition des bananeraies par analyse d'organes	299-300
Problème de l'échantillonnage	300
Problèmes de l'interprétation	300-304
Qualité des fruits et études technologiques	304-309
Étude de systèmes de culture	309-315
UTILISATION DES RÉSULTATS	317
Rôle des bananeraies de stations	317-318
Conseil direct aux producteurs	318-319
Conseil dans le cadre des organisations professionnelles ou spécialisées	319-323
Participation à des opérations de développement	323
Conception nouvelle de l'utilisation des résultats	323-326
ÉTUDES ÉCONOMIQUES	327
Économie de la production	327
Définitions, prix de revient	327-337
Production et exportation : économie mondiale	337
CONCLUSIONS	339-342
BIBLIOGRAPHIE	343-344

DOCUMENTATION

Documentation analytique (n° 071675 à 071965).- *Analytic documentation.* Documentación analítica.

Index : Index-matières (p. 1), Index par fruits (p. 61), Index géographique (p. 81) (sur papier jaune).

Subject Index (p. 1), Fruit Index (p. 61), Geographical Index (p. 81) (on yellow paper).

Indice por materias (p. 1), Índice por frutos (p. 61), Índice geográfica (p. 81) (sobre papel amarillo).

SUMARIO

INTRODUCCIÓN	235
IRFA : un organismo de investigaciones fruteras	235
Organización general	235-238
Lugar de la sección bananera en el conjunto IRFA (1972-1975)	238-240
Reunión anual del IRFA	240
OBJETIVOS Y PROBLEMAS	241
Parámetros de la elaboración de los programas	241
Objetivos de los estudios sobre los plátanos	242
Condiciones particulares de esos estudios	242
Conocimiento del plátano.	242
Conocimiento de la población de plátanos	242-243
Problemas planteados por los utilizadores	243-244
MÉTODOS DE TRABAJO EN INVESTIGACIÓN BANANERA	245
Experimentación en campo	245
Observaciones de los platanales	245-246
Parcela de plátanos	246-251
Números de repeticiones	251-253
Elección del dispositivo que se experimenta en el campo	253-257
Estudios especializados	258-263
RESULTADOS OBTENIDOS Y PROGRESOS EN CURSO	265
Estudios del plátano y de los frutos	265
Estudios de variedades	265
Problemas de los llanténs	265-267
Variedades de los plátanos dulces	267-268
Estudios del crecimiento y del desarrollo	268
El crecimiento foliar	268-269
Crecimiento del tallo floral y de las diversas partes de la inflorescencia	269-273
Desarrollo del plátano durante varios ciclos, en diferentes condiciones ecológicas	273-274
Funciones de nutrición	274
Alimentación hídrica	275
Nutrición mineral	275-276
Nutrición carbonada	276-277
Estudios sobre las poblaciones de platanales	278
Acondicionamiento y preparación de los suelos	278
Densidades y disposiciones	278-279
Ciclos de producción y duración de los campos de plátanos	279
Protección de las poblaciones contra las agresiones climáticas	279
Conservación del estado sanitario de las poblaciones	280
Enfermedades de origen fúngico	280-282
Enfermedades de los frutos	282-285
Enfermedades virales o de origen desconocido	286-287
Nematodos	287
Evolución reciente y tendencias actuales de la concepción de lucha	287-288
Saneamiento del material vegetal	288-290
Estudio sobre los tratamientos nematocidas	290-292
Gorgojo del plátano	292-293
Roya del fruto	294-295
Fertilización de los campos de plátanos	296
Estudios agro-pedológicos	296
Evolución de los elementos minerales y orgánicos aportados a los suelos	296-297

Acción de los fertilizantes minerales y orgánicos sobre las características físicas y químicas del suelo	297-298
Evolución del suelo bajo cultivo	298-299
Control de la nutrición de los platanales por análisis de órganos	299-300
Problema del muestreo	300
Problemas de la interpretación	300-304
Calidad de los frutos y estudios tecnológicos	304-309
Estudio de sistemas de cultivos	309-315
UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	317
Papel de los platanales de estaciones	317-318
Consejo directo a los productores	318-319
Consejo en el marco de las organizaciones profesionales o especializadas	319-323
Participación a operaciones de desarrollo	323
Concepción nueva de la utilización de los resultados	323-326
ESTUDIOS ECONÓMICOS	327
Economía de la producción	327
Definiciones, precio de costo	327-337
Producción y exportación : economía mundial	337
CONCLUSIONES	339-342
BIBLIOGRÁFICA	343-344

SUMMARY

INTRODUCTION	235
IRFA : a fruit research organization	235
General structure	235-238
Situation of the Banana division within IRFA (1972-1975)	238-240
IRFA Yearly meeting	240
AIMS AND PROBLEMS	241
Parameters of the programs formulation	241
Aims of the banana studies	242
Special features of these studies	242
Knowledge of the banana plant	242
Knowledge of the banana plants population	242-243
Problems set by the producers	242-244
WORKING METHODS OF THE BANANA RESEARCH	245
Field experimentation	245
Observation of the banana plants	245-246
Plot of banana plants	246-251
Number of replications	251-253
Selection of the field experimental design	253-257
Specialized studies	258-263
RESULTS AND IMPROVEMENTS IN PROGRESS	265
Tree and fruit studies	265
Varieties investigations	265
The plantain problems	265-267
Sweet banana varieties	267-268
Growth and development studies	268
Leaf growth	268-269
Growth of the stem as well as of the various inflorescence parts	269-273
Development of the banana plant during several cycles, under various ecological conditions	273-274
Nutrition functions	274
Water supply	275
Mineral nutrition	275-276
Carbon nutrition	276-277
The banana plantations studies	278
Land preparation and soil cultivating	278
Spacing and laying-out	278-279
Producing cycles and duration of the banana plantations	279
Protection of the populations from the climatic assaults	279
Up-keep of the sanitary conditions of the plantations	280
Fungal diseases	280-282
Fruit diseases	282-285
Viral and unknown diseases	286-287
Nematodes	287
Evolution and present trends as regards conceiving of the control	287-288
Disinfecting of the planting material	288-290
Nematodes control studies	290-292
Banana weevil-borer	292-293
Fruit rusts	294-295
Fertilization of the banana plantation	296

Agro-pedological studies	296
Alteration of the manures and fertilizers given to the soil	296-297
Influence of the manures and fertilizers on the physical and chemical characteristics of the soil ..	297-298
Development of a soil under cultivation	298-299
Nutrition control of the banana plantation through analysis of certain organs	299-300
Sampling problem	300
Analysis problems	300-304
Fruit quality and technological studies	304-309
Study of cultivation systems	309-315
UTILIZATION OF THE RESULTS	317
Part of the IRFA'S Stations banana plantations	317-318
Advising straightly to the growers	318-319
Advising within vocational or specialized organization	319-323
Taking part in development schemes	323
New conceiving of the utilization of the results	323-326
ECONOMIC SURVEYS	327
Production	327
Statements, costs	327-337
Production and exports : world outlook	337
CONCLUSIONS	339-342
BIBLIOGRAPHY	343-344

INTRODUCTION

L'IRFA: UN ORGANISME DE RECHERCHES FRUITIÈRES

Créé officiellement le 6 novembre 1945, en tant qu'association sans but lucratif, l'Institut des Fruits et Agrumes coloniaux est devenu l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer puis l'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes à la fin de 1975. Ces modifications de forme n'entraînent pas de changements dans les objectifs généraux qui demeurent le perfectionnement et le développement des cultures fruitières tropicales, sub-tropicales, et l'industrialisation de leurs produits.

Originellement, le but principal de l'IRFA était d'aider les producteurs de fruits exotiques (bananes et agrumes essentiellement) des territoires outre-mer à améliorer leurs techniques empiriques. Certains Instituts français d'avant-guerre ayant obtenu de bons résultats en France, on pensait que cette formule devait être étendue.

Dès les premières années, l'Institut des Fruits et Agrumes eut la préoccupation de former des experts par espèce fruitière en même temps que des spécialistes pour les

diverses disciplines qui interviennent en agronomie et en technologie. Ce principe a été conservé et a donné satisfaction. Les uns et les autres sont devenus des experts connus dans les milieux internationaux.

A partir des années 60, l'IRFA est un des organismes oeuvrant pour la coopération technique française dans les pays étrangers francophones et autres. L'Institut poursuit une action importante dans les départements d'outremer, Antilles et Réunion. Mais il traite également, sous forme de contrats, des études pour des firmes privées aussi bien que pour des organismes internationaux (FAO, UNIDO, FED, Banque mondiale ...).

L'IRFA est l'un des huit organismes du GERDAT (Groupement d'Études et de Recherches pour le Développement de l'Agronomie tropicale) dont le siège est à Paris, comme celui de l'IRFA, et qui a créé à Montpellier un ensemble de laboratoires et de services communs ou spécialisés.

ORGANISATION GÉNÉRALE

Avec des dimensions assez faibles (85 agronomes et chercheurs de diverses disciplines), l'IRFA peut aisément conserver une structure centralisée efficace. La Direction générale (J. CUILLE) peut rester en contact permanent et étroit avec, non seulement les services administratifs (P. MERLE), mais avec les Directions techniques et les Chefs des Services scientifiques centraux. Cette centralisation assez poussée permet de suivre constamment les activités des Stations et des Missions outre-mer. (figure 1).

Les Directions techniques, au nombre de cinq, ont la charge de coordonner les recherches soit sur une espèce fruitière (ananas, bananes, agrumes) ou un groupe d'espèces (fruitiers divers : manguiers, avocatiers, papayers, grenadil-

les, goyaviers, etc.), soit sur la technologie (conditionnement, transformations, conservation).

Les Services scientifiques centraux sont généralement en France (Paris, Montpellier) et peuvent avoir une ou des antennes outre-mer, dans le cadre d'une Station.

Ce sont :

la **physiologie**, basée à Montpellier à partir de 1975, avec comme vocation plus particulière la nutrition et le métabolisme des plantes fruitières en vue d'améliorer le rendement et la qualité (Section en Côte d'Ivoire et antenne en Martinique) ;

l'**agro-pédologie**, basée présentement en Côte d'Ivoire (études sur sols cultivés en ananas et bananiers) (antenne en Martinique) ;

la **bio-climatologie** avec quatre chercheurs opérant outre-mer (Guadeloupe, Martinique, Réunion, Côte d'Ivoire) ;

la **phytopathologie** avec un laboratoire à Montpellier et une section en Côte d'Ivoire ;

l'**entomologie et la nématologie**, basées à Montpellier, et une section en Côte d'Ivoire (antennes en Martinique et une autre en création en Guadeloupe) ;

la **chimie-technologie** avec deux laboratoires à Montpellier (huiles essentielles et arômes et chimie des fruits) qui dépend, comme le Service de Développement industriel, de la Direction Technologie. Plusieurs ateliers pilotes fonctionnent outre-mer ;

la **biométrie**, à Paris, a le rôle important de participer à la conception des essais, d'étudier les méthodologies, collecter les données, de les étudier par des procédés modernes (avec des programmes informatiques adaptés) et de contribuer aux interprétations ;

enfin, le **Service d'Économie rurale** récemment créé doit définir les systèmes de culture rentables, évaluer l'intérêt économique des innovations et participer aux études de développement.

Les services auxiliaires de la recherche, Centre économique et Centre de Documentation apportent aux différentes sections les informations permettant de situer les recherches de l'IRFA dans le contexte mondial.

L'**outil de recherches outre-mer** comporte les Stations et antennes suivantes. On signalera quel est leur rôle éventuel en recherches sur le bananier.

Guadeloupe - Station de Neufchâteau (Sainte Marie) principalement dévolue aux études bananières et technologiques. Antenne à Vieux-Habitants (diversification fruitière).

Martinique - Centre de Moutte : laboratoires (antennes des services centraux) et travaux agronomiques en champs extérieurs, avec installation en cours d'un centre d'étude et de formation professionnelle (Rivière Lézarde). Forte participation aux études sur bananiers.

Réunion - Station de Bassin-Martin. Tous fruitiers tropicaux et quelques travaux sur bananiers. Antennes : Petite Plaine, Cilaos, Carreau Alfred.

Côte d'Ivoire - Station d'Azaguié. Environ moitié de l'activité sur bananiers.

- Station d'Anguédédou. Vocation : ananas. Petites parcelles d'expérimentation bananière (nématologie).

- Antenne du Niéky. Nombreux essais bananiers chez les producteurs.

Les activités de cet ensemble sont soumises à la program-

mation du Ministère de la Recherche scientifique (MRS) de Côte d'Ivoire.

Cameroun - Station de Nyombé. Environ moitié activité sur bananiers et plantains.

- Antennes d'Ekona, essais sur bananiers et plantains.

L'IRFA opère dans le cadre des activités de l'Institut des Recherches agronomiques et forestières, IRAF-ONAREST.

Madagascar - Station d'Ivoloina, principalement bananière, appartenant depuis 1974 au CENRADEDU, organisation nationale de recherches ; notre intervention y a cessé en fin 1975.

Mauritanie - Station de Kaédi : comporte une fraction en essais bananiers ; prise en charge par le CNRADA, Centre national de Recherches de la République islamique de Mauritanie.

Niger - la Station de Gabougoura (INRAN) comporte un essai de comportement du bananier en zone sahéenne.

Sénégal - le centre de multiplication de Singhère (Casamance) permet une expérimentation bananière liée à la multiplication du matériel végétal et à l'accompagnement du développement.

Stations de Kankossa (Mauritanie), de Corse (INRA-IRFA) ne comportent pas d'essais bananiers.

Le principe de base du fonctionnement de cet ensemble est la concertation pour prévoir et réaliser les recherches, et pour en exploiter les résultats. Si les directions techniques ont la responsabilité des études sur une ou plusieurs espèces, ou des études technologiques, elles établissent dans la pratique les programmes et protocoles avec le concours des agronomes spécialisés, des spécialistes des disciplines intéressées, et des biométriciens. De sorte que la plupart des travaux résultent d'une responsabilité collective, avec un maître d'oeuvre qui est la personne la plus directement intéressée au résultat.

Prenons l'exemple d'un essai en champ portant sur la mise au point de traitements nématicides. L'idée initiale peut être due à un agronome travaillant outre-mer (et c'est fréquemment le cas, du fait de ses contacts permanents avec les organisations de recherches nationales et avec les groupements de producteurs) ; elle est étudiée par son directeur technique et plus spécialement par le nématologiste ; à la suite d'échanges directs ou par correspondance, le libellé des traitements à comparer est établi. Le Service de Biométrie, consulté, évalue la surface nécessaire et l'agronome de terrain lui propose une ou plusieurs solutions parmi les champs disponibles, avec les caractéristiques connues de gradients, pente, etc. Le protocole définitif peut être établi, et l'essai est répertorié sous un matricule entrant dans la nomenclature générale IRFA ; ce sera par exemple BA. CIAZA.205, c'est-à-dire le 205^e essai bananier réalisé en Côte d'Ivoire, à mettre en place sur la Station d'Azaguié.

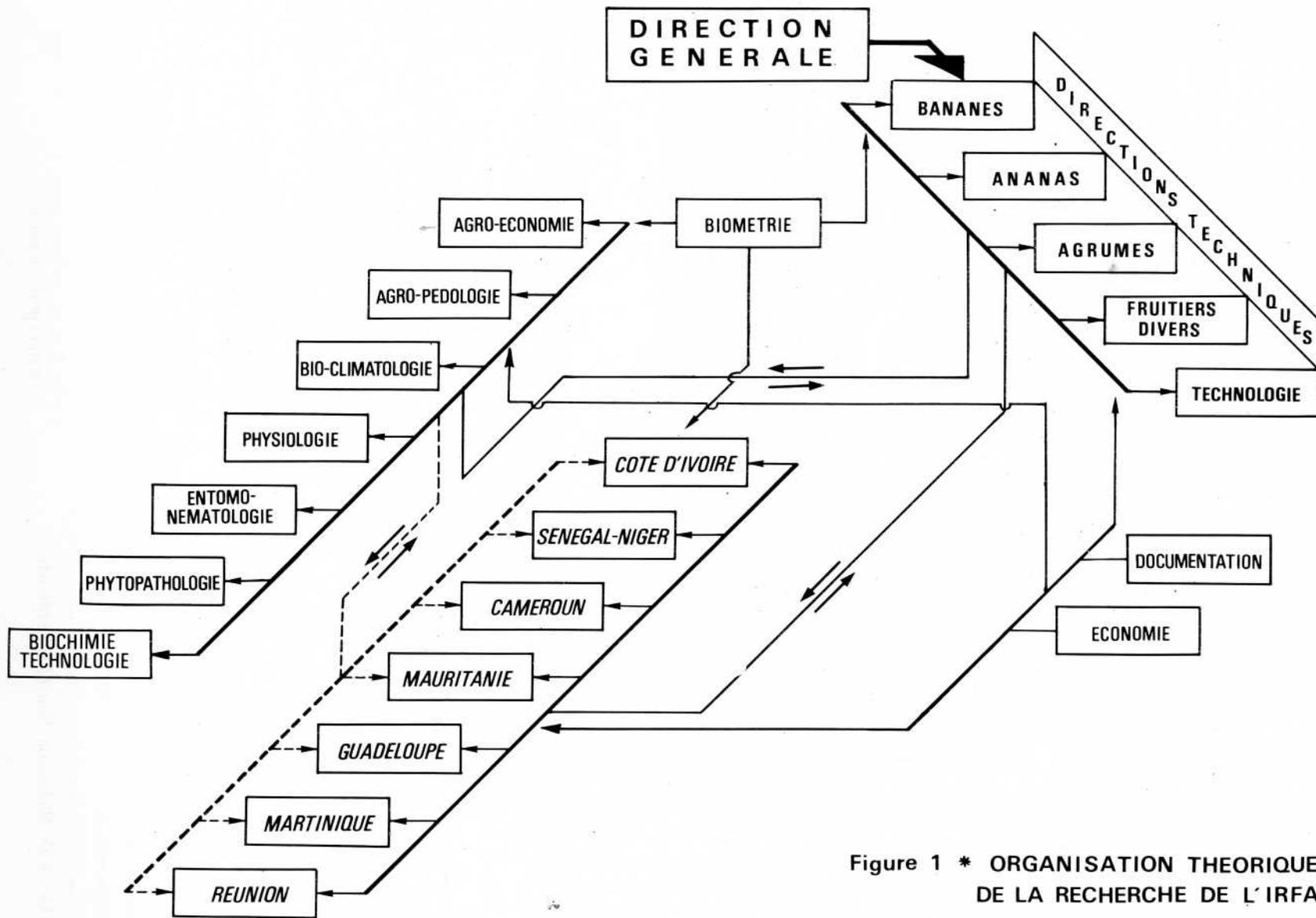


Figure 1 * ORGANISATION THEORIQUE DE LA RECHERCHE DE L'IRFA

Le protocole prévoit les observations (mensuration de certaines parties du bananier), leur nature et leur rythme. Les documents détaillés sont adressés au Service de Biométrie pour étude, mais ils servent également à présenter des bilans provisoires bruts dans les fiches réalisation ; ces fiches sont envoyées aux divers intéressés tous les deux mois. De cette manière l'essai peut être suivi de loin. Ultérieurement, le Service de Biométrie après que les données aient été, en général, transcrites sur cartes perforées pour mise en mémoire et traitées selon les programmes établis, fournit des fiches «commentaires» qui sont également proposées à tous les intéressés.

Ceci représente une partie de l'acquisition des données ; ce sont les données propres à l'IRFA. Ces résultats scientifiques et techniques sont largement utilisés et diffusés selon des méthodes qui seront signalées plus loin ; ils sont à la base de la réputation de l'Institut. Tous les agronomes et chercheurs en seront les premiers utilisateurs pour la poursuite des travaux. Ils ont également à leur disposition les données extérieures. Le Centre de Documentation, pour une de ses tâches, examine la littérature : ouvrages, publications périodiques ou non, et en extrait le maximum de ce qui ressortit au domaine des activités de l'Institut. Des index établis par ordinateur paraissent régulièrement, couplés avec la revue FRUITS. Un chercheur peut obtenir des listes de références sur des sujets délimités, du fait que tous les index sont stockés en mémoires. Par ailleurs, le Centre économique concentre toutes les données statistiques et toutes les informations relatives aux productions, échanges commerciaux de fruits tropicaux frais ou transformés.

Les données extérieures sont mises à la disposition du public par la publication régulière des index, sous une forme relativement peu coûteuse si l'on considère le travail qu'implique leur élaboration.

Les données acquises par l'IRFA sont mises à la disposition des utilisateurs par plusieurs voies :

- les conseils directs ou indirects dans les divers pays producteurs (cette formule est évoquée au chapitre 5),
- les publications locales, notices périodiques ou non,
- la revue FRUITS.

Comme les lecteurs le savent, cette publication, qui débute sa 31^e année, est ouverte à tous les auteurs, étrangers, français, mais elle est pour les chercheurs de l'IRFA le moyen principal d'exposer les résultats obtenus.

Afin d'élargir encore l'audience de cette revue qui connaît un succès soutenu auprès de nombreux États étrangers, il a été décidé de la rendre multilingue (français, anglais, espagnol).

Tous les résultats de l'Institut sont publiés et mis à la disposition des usagers de tous pays, à de rares exceptions près et seulement lorsque des travaux sont exécutés sur contrat avec des organismes producteurs particuliers.

Ce principe n'a pas que des avantages. Mais un de ceux-ci est d'avoir permis à l'IRFA d'acquérir progressivement une audience internationale dans le domaine des fruits tropicaux et subtropicaux. On regrette parfois que des résultats soient utilisés sans que leurs obtenteurs soient cités.

PLACE DE LA SECTION BANANIERS DANS L'ENSEMBLE IRFA (1972-1975)

Cette section s'inscrit normalement dans l'ensemble décrit précédemment. Tous les Services centraux participent à des recherches bananières, à des degrés divers et en fonction de l'évolution des programmes. La liste des stations et antennes indique sommairement quelle est leur contribution. (figure 2)

Le présent texte résulte de la collaboration de l'équipe des agronomes et spécialistes qui consacrent leur temps, en totalité ou partiellement, aux recherches bananières. Les lecteurs de FRUITS connaissent déjà, le plus souvent, leurs publications. Il paraît normal de présenter ci-dessous leur liste, qui est donc à la fois celle de la section «bananiers» et des spécialistes qui collaborent avec elle :

Section «bananiers»

Directeur technique : J. CHAMPION *

- Agronomes de recherches (expérimentation au champ)
- M. BEUGNON, Madagascar, Côte d'Ivoire (détaché)

J. GUILLEMOT, Antilles, Côte d'Ivoire.

F. de LAROUSSILHE, Mauritanie (temps partiel, mais important)

A. LASSOUDIÈRE, Côte d'Ivoire.

R. MALLESSARD, Antilles, Cameroun.

Ph. MELIN, Cameroun, Martinique.

B. MOREAU, Madagascar (temps partiel, mais important), Réunion.

G. PLAUD, Sénégal, Cameroun.

S. SOULEZ, Niger (temps partiel, mais important).

H. TEZENAS DU MONTCEL, Cameroun.

- Agronomes détachés auprès d'organismes professionnels bananiers :

J.-L. LACHENAUD, Martinique (SICABAM)

J. MARSEAULT, Cameroun (OCB)

Ph. MARTIN, Côte d'Ivoire (SODEFEL), Cameroun (OCB)

J. MONNET, Guadeloupe (SICA-ASSOBAG, puis formation professionnelle)

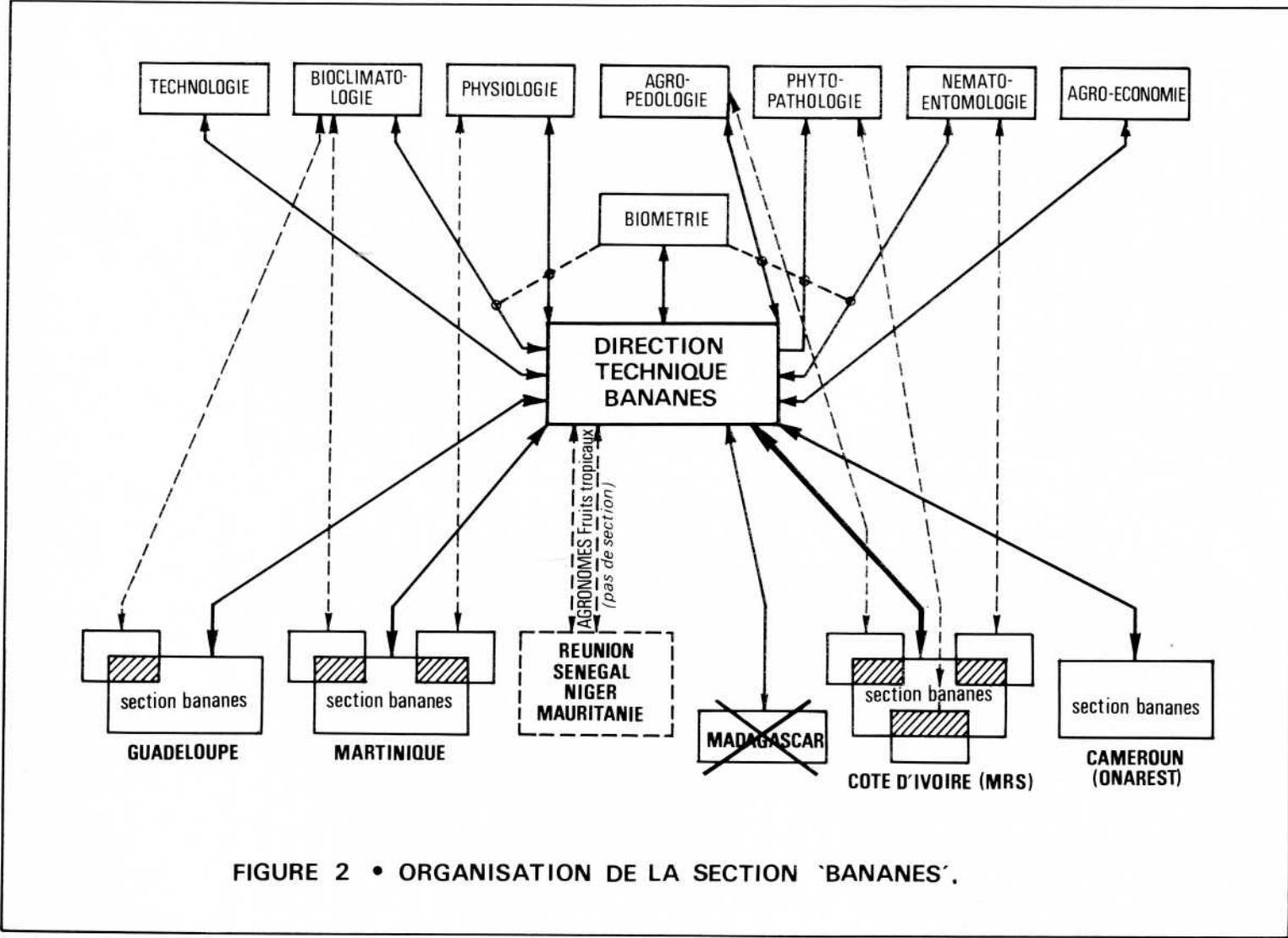


FIGURE 2 • ORGANISATION DE LA SECTION 'BANANES'.

- **Spécialistes des Services scientifiques (temps partiel) :**

B. AUBERT, Bio-climatologie,
 J.P. BLONDEAU, Physiologie,
 P. DUPAIGNE, Technologie,
 P. FROSSARD, Phytopathologie,
 J. GANRY, Bio-climatologie,
 J. GODEFROY, Agro-pédologie,
 R. GUÉROUT, Entomologie-nématologie (*)
 E. LAVILLE, Phytopathologie,
 P. LOSSOIS, Biométrie,
 J. MARCHAL, Physiologie,
 P. MARTIN-PRÉVEL, Physiologie,
 J.P. MEYER, Bio-climatologie,
 J.L. SARAH, Entomologie, nématologie,
 Ph. SUBRA, Économie rurale,
 A. VILARDEBO, Entomologie, nématologie.

Il faut ajouter que certains agronomes de l'IRFA travail-

lant sur Stations situées hors de la zone habituelle de production bananière ont la charge de parcelles expérimentales : c'est le cas à la Station de Kaédi en Mauritanie, comme cela l'était également à la Station de Bamako avant sa reprise complète par les autorités maliennes. A Bassin-Martin (Réunion), il existe aussi une petite surface en bananiers, de même qu'à Singhère, Casamance (Sénégal), quelques parcelles d'études sont comprises dans la pépinière bananiers.

On n'omettra pas de rappeler le rôle important des personnels adjoints techniques et d'observateurs qui ont la tâche de procéder aux mensurations et à l'élaboration des documents primaires. Certains servent depuis de longues années sur les Stations et ont acquis une bonne compétence.

Comme le lecteur s'en rendra compte aux références bibliographiques placées en fin de cet article, la revue FRUITS publie rapidement les résultats obtenus par les chercheurs et les agronomes de la section bananiers. Il y retrouvera la plupart des noms cités précédemment.

RÉUNION ANNUELLE DE L'IRFA

La tenue d'une réunion technique de concertation est devenue, depuis seize ans, un des éléments importants de la méthode de travail de la Direction de l'IRFA : la centralisation ne peut aller sans une information complète à tous les niveaux, la conduite de recherches en équipes nécessite, de temps à autre, l'examen de la situation et de son évolution. La Réunion annuelle remplace donc de multiples échanges épistolaires entre les stations et le siège, permet de prendre des décisions rapidement. Il faut ajouter qu'elle apporte l'information à tous les autres membres de l'IRFA qui, sans être directement concernés, doivent cependant être mis au courant, en temps voulu, du travail réalisé.

Bien qu'elle ait évolué, la manière de conduire la Réunion annuelle de l'IRFA consiste en une préparation de quelques mois, qui oblige les agronomes et spécialistes à réexaminer leurs résultats et à les présenter dans des notes de synthèse qui, de documents de travail, se transformeront souvent en articles publiables ; de même y seront présentés certains comptes rendus de missions d'études à l'étranger.

La présentation du bilan des résultats donne lieu à des

discussions et le second volet, compte tenu des faits nouveaux, est logiquement la programmation de la poursuite des recherches.

Depuis quelques années, on a convenu que chaque année il serait traité d'un fruit ou d'un groupe de fruits différent, parce que l'acquisition de résultats nouveaux demandait que des expérimentations en champ parviennent à échéance ou avancent suffisamment. Ainsi, les réunions sur un même thème reviennent actuellement tous les trois ans.

Jusqu'à cette année, les documents écrits à l'occasion de la réunion annuelle de l'IRFA étaient à usage interne, exceptionnellement communiqués sur demande extérieure. Ils servaient à établir le rapport annuel de l'Institut. Pour permettre une diffusion plus rapide des résultats de la réunion annuelle, il a été jugé bon, pour celle de 1975, de publier un compte-rendu d'ensemble qui devrait intéresser un certain nombre de nos lecteurs. C'est l'objet de ce Numéro Spécial de FRUITS.

* - R. GUÉROUT, décédé en 1975 (Fruits, n°9) avait au cours des dernières années largement contribué aux résultats acquis en nématologie et entomologie.

OBJECTIFS ET PROBLÈMES

PARAMÈTRES DE L'ÉLABORATION DES PROGRAMMES

Avant d'aborder l'exposé des résultats obtenus au cours de la période 1972-1975, il est utile de montrer les difficultés rencontrées par un Institut de Recherches appliquées, pour bien définir les objectifs.

Le programme des recherches résulte de la confrontation entre les désirs des chercheurs scientifiques d'acquérir une connaissance sinon exhaustive, du moins la plus étendue possible de l'écosystème bananeraie, et les vœux des utilisateurs d'obtenir des recettes immédiatement profitables ; s'il leur est fournie une explication des phénomènes biologiques, c'est bienvenu mais, en réalité, ce n'est pas indispensable. Dans cette dualité, incontestablement les agronomes de recherches comprennent les motivations des uns et des autres et auraient tendance à obtenir des solutions pratiques plutôt que des connaissances approfondies inexploitable à court terme.

Mais la situation n'est pas toujours aussi tranchée, et les chercheurs sont heureux de constater la réalité de l'utilisation de leurs travaux. Les agriculteurs sont souvent conscients de la nécessité d'études complexes faisant appel à l'arsenal des méthodes scientifiques les plus modernes. Un organisme comme le nôtre est cependant sans cesse tiraillé dans un sens ou dans l'autre. Mais, en fin de compte, les retombées économiques, sous forme de progrès ou de novations, créent une véritable réputation d'efficacité à travers le monde, tout autant que les découvertes scientifiques.

En ce qui concerne les recherches sur les bananiers, on a maintenu, ces dernières années, un équilibre entre les études de base et celles qui sont nécessaires pour la création, le maintien ou l'amélioration des systèmes de culture. On a constaté à posteriori que les premières trouvaient presque toujours leur utilité et qu'en tous cas elles permettaient une meilleure compréhension des phénomènes survenant dans les secondes.

On sait également, par expérience, que les essais en champ donnant seulement lieu à des observations agrono-

miques perdent beaucoup - pas toujours, mais souvent - à l'absence des études ou analyses relatives au sol, aux parasites et prédateurs, aux teneurs des feuilles en éléments minéraux etc. Mais, étant donné le coût élevé de ces interventions spécialisées, les moyens disponibles rendent parfois impossible leur généralisation. D'où l'importance considérable de l'étude préalable des objets d'une expérimentation et de la prévision des réponses possibles aux traitements.

Un paramètre extérieur de l'élaboration des programmes est un type d'intervention qui date de quelques années, et qui découle logiquement de l'évolution des pays où l'Institut travaille. Les États ont une connaissance de plus en plus exacte de leurs problèmes économiques et sociaux et réclament des études définies visant directement au développement, que ce soit pour le mieux-être des populations ou pour l'accroissement des ressources. Les organismes officiels, Ministères ou Directions de Recherches scientifiques posent donc les problèmes au sein de comités nationaux, et il est nécessaire d'y répondre. On doit observer que, jusqu'à présent, ces autorités ont parfaitement compris, du moins en matière de recherches bananières, le principe de répartition des études dans les diverses stations et laboratoires, les résultats étant disponibles pour tous les utilisateurs. Cette répartition est basée sur l'existence de conditions naturelles qui conviennent mieux dans un cas que dans les autres à un thème d'étude (exemple : Martinique pour les besoins en eau, Madagascar pour les effets de saison fraîche, Côte d'Ivoire pour les dommages des nématodes, Cameroun pour tester les produits contre la Cercosporiose, etc.), et également sur la présence d'agronomes ou de spécialistes, avec leurs collaborateurs et leurs matériels en un lieu donné.

Quoique pour des raisons particulières, généralement économiques, un État puisse désirer financer des études et recueillir en exclusivité quelques années les effets des résultats, la tendance est plutôt à une large coopération. Mais les études de l'IRFA sont intégrées dans les programmes nationaux des divers États qui ont le souci de développer largement leurs recherches agronomiques.

OBJECTIFS DES ÉTUDES BANANIÈRES

CONDITIONS PARTICULIÈRES DE CES ÉTUDES

Les bananiers ne peuvent être étudiés dans les conditions de végétation spontanée ou sub-spontanée car ils y ont une productivité quasi-nulle, bien qu'ils puissent persister très longtemps.

Il faut admettre que les connaissances n'auront d'utilité que lorsque les bananiers seront cultivés avec une intervention humaine variable.

La distinction à faire en plus, cette action artificielle admise, est que certaines études portent sur le bananier, plante individuelle, et d'autres sur une biocénose qui intègre l'évolution de la population des bananiers ou bananeraie, des parasites et prédateurs qui s'y développent, du sol que l'on modifie et du micro-climat.

La culture étant souvent maintenue de nombreuses années au même emplacement, le biotope évolue constamment, dans un sens favorable ou non, ce qui naturellement a des conséquences économiques notables.

CONNAISSANCE DU BANANIER

Il convient tout d'abord de convenir que toute étude portant sur un cultivar de bananier, l'identité de celui-ci doit être énoncée. En fait le nombre de cultivars faisant l'objet de recherches à l'IRFA est peu important. Il existe des collections permettant seulement, si nécessaire, un choix de cultivars à étudier, en cas de demandes mais, pour certaines raisons que l'on rappellera plus loin, l'Institut n'a plus de programme en cours d'amélioration génétique des bananiers.

Pour un cultivar donné (jusqu'à présent, le plus souvent du sous-groupe *Cavendish* et parfois du sous-groupe des plantains), on étudie le comportement dans diverses conditions naturelles, ou avec des modifications artificielles très variées. Il s'agit donc de physiologie au sens large, c'est-à-dire que, selon les auteurs, ce peut être de la bio-climatologie, de l'écologie ou, exprimé plus simplement, de l'expérimentation exploratoire : définir les réactions du végétal à un facteur ou à un ensemble de facteurs.

Il est important de connaître les effets nocifs, limitants ou optimaux qui s'expriment par des symptômes visibles dans les cas extrêmes, par des vitesses de croissance, des dimensions d'organes, des poids de fruits ou des caractères mesurables de qualité.

Le bananier ayant des dimensions qui rendent fort onéreuse l'utilisation d'appareillages sophistiqués (phyton) ou d'enclos même moins contrôlés, on opère en

champ, c'est-à-dire que l'étude d'un paramètre se fait en l'hypothèse que les autres facteurs ne sont pas limitants de la croissance et du développement. On s'en tient donc à une approche avec des résultats qui sont parfois très suffisants.

On doit aussi tenir compte du type de végétation continue du bananier : constitué par un faux-tronc (gainés foliaires) et un bouquet de larges limbes, la partie aérienne meurt mais se perpétue par rejetons (qui sont de véritables ramifications au niveau de la tige souterraine, dite souvent rhizome). Les recherches faites en conditions de culture portent sur un unique rejet conservé, dont la végétation et même la fructification dépendent pour une bonne mesure du passé : celui de la tige qui a produit ce rejeton. En toute rigueur, ce passé devrait être caractérisé, ce qui est difficile et donc rarement le cas.

Les progrès notables réalisés portent pratiquement sur un ou deux cultivars, les plus importants au plan commercial, et l'on s'est approché des conditions optimales, sans pour autant que l'on puisse définir très exactement le potentiel maximum au cours de la succession végétative.

Par ailleurs, si les manifestations diverses extérieures sont assez bien discernées (croissances, anomalies ...), les mécanismes physiologiques internes sont peu connus, les exigences en éléments minéraux ont été étudiées en fonction du développement, mais les facteurs agissant sur la qualité des fruits n'ont fait l'objet que de recherches exploratoires.

CONNAISSANCE DE LA POPULATION DE BANANIERS

La plupart des essais en champ se situent dans les conditions mêmes de l'exploitation bananière dont la forme commune est celle qui est conduite en vue de l'exportation des fruits. Une bananeraie est un ensemble de plantes qui, d'une part, réagissent les unes sur les autres et, d'autre part, constituent un biotope (en particulier par le micro-climat créé) différant sensiblement de l'environnement.

Quoique les bananiers soient conduits par intervention humaine constante avec une succession végétative continue (mais ordonnée : oeilletonnage à un rejet successeur), les différences de végétation entre plantes voisines s'accroissent d'autant plus que la densité est élevée du fait de leur concurrence réciproque. La conséquence est une hétérogénéité et un étalement des productions successives qui finiront même par se chevaucher. On atteint cependant un état d'équilibre, qui est assez instable et peut être rompu par des atteintes de prédateurs, de parasites, de coups de vent, diminuant le niveau de la population initiale.

Il est possible, soit d'installer une population relativement

claire, qui accède rapidement à un état d'équilibre qui ne correspond pas nécessairement au rendement optimum, soit d'établir une bananeraie de densité plus élevée, et de multiplier les artifices pour conserver une bonne homogénéité (oieillonage orienté, recépage systématique des bananiers retardataires dans leur croissance ou leur floraison).

On examinera dans un prochain chapitre le point de vue des agronomes, biométriciens et statisticiens, sur les méthodes à utiliser en expérimentation bananière, mais on doit remarquer que la plupart d'entre eux ont tendance à étudier les populations au cours de leur deux ou trois premières productions, alors que le principe doit être de se mettre en accord avec la pratique des producteurs ou d'en devancer les tendances si celles-ci sont par exemple la prolongation des durées des plantations.

Dans le temps, le couvert végétal dans une bananeraie présente des phases diverses ; il devient rapidement complet lorsque les bananiers sont adultes et fleurissent, puis s'éclaircit au fur et à mesure des récoltes, les rejets laissant alors le terrain pénétrable au soleil. Ultérieurement, la succession de phases ombragées et éclairées devient moins régulière. Des parasites fongiques des feuilles, ou des carences minérales qui les atteignent également peuvent modifier considérablement la couverture végétale. Sous la strate des limbes étalés, l'humidité de l'air et du sol agit sur la croissance des rejets, sur la multiplication des parasites et prédateurs. La température agira non seulement sur la vitesse de croissance du bananier, mais aussi sur les pullulations de nématodes, sur la minéralisation de l'azote, etc.

Au cours d'une culture prolongée, le sol évolue également, dans une certaine mesure, dans ses caractéristiques, d'une façon favorable ou non.

En conclusion, quels sont les objectifs des chercheurs ? Connaître le bananier en tant que matériel génétique, dans les conditions optimales, pour autant qu'on puisse les atteindre ; savoir comment la plante réagit aux variations des paramètres extérieurs, qu'ils soient naturels ou artificiels. Et, en fait, ces réactions varient également avec les caractéristiques de l'environnement spécialement dues à l'établissement et au maintien d'un ensemble cohérent de bananiers : une plantation.

Les études qui portent sur la banane elle-même doivent également tenir compte des conditions où elle a été produite, et qui influent sensiblement sur la qualité, qu'il s'agisse de capacité de conservation, de résistance aux champignons, ou de flaveur. Un domaine de recherches en aval est la prospection des procédés de transformation en produits conservables.

PROBLÈMES POSÉS PAR LES UTILISATEURS

Les «demandeurs» de recherches sont toujours motivés par des objectifs économiques, ou du moins n'avons-nous jamais été sollicités, depuis trente ans, pour des études visant

à la simple connaissance génétique, physiologique ou autre.

Les États peuvent avoir le souci, soit d'améliorer leurs ressources alimentaires, soit de créer ou de développer des productions exportables nouvelles. Dans le premier cas, les études porteront sur les cultivars bien adaptés, aux écologies, et dont les fruits répondent le mieux aux besoins des consommateurs et également à leurs traditions culinaires.

Il peut s'agir de promouvoir des productions de plantains (cultivars de bananes à cuire) en zones forestières humides, où cette culture existe déjà depuis des millénaires. Mais également, dans les régions marginales, soudano-guinéennes ou même sahéliennes, la production de bananes douces est souhaitée, parfois pour éviter des importations onéreuses, souvent pour augmenter les quantités disponibles très faibles, et dans tous les cas pour créer des revenus au paysannat.

Lorsque ce ne sont pas les autorités officielles, les **organisations professionnelles** peuvent envisager des extensions de zones de production ou l'utilisation de nouvelles terres, et demander des études préliminaires de faisabilité technique et économique et des expérimentations dites d'accompagnement. Ceci a eu lieu dans le passé à Madagascar, en Côte d'Ivoire, etc.

Enfin, les mêmes organisations ou bien des producteurs à titre privé, se trouvent fréquemment face à des problèmes urgents (développement d'un parasitisme : cas de l'Équateur en 1958 avec une attaque de Cercosporiose très dangereuse) ou difficiles à résoudre. Dans certains domaines, on peut affirmer que les études nécessaires ont une très longue durée et que les résultats sont sans cesse remis en cause ; la lutte contre les prédateurs par exemple, du fait que ceux-ci peuvent s'accoutumer aux produits de traitement, ou bien que ces derniers peuvent être interdits à l'usage pour protéger l'environnement. Quant à la fertilisation, le caractère évolutif des sols de bananeraies fait qu'elle est constamment à modifier.

Il est bien connu que la gravité d'une situation est la raison la plus courante de faire appel, souvent trop tardivement, à la recherche agronomique et technique (Fruits, 1975, n°1). Mais cette attitude, qui conduisait à s'en désintéresser dès qu'un mieux paraissait, a évolué. Les producteurs sont devenus plus conscients de la nécessité non seulement d'intervenir en cas de catastrophes, mais plus constamment pour améliorer les coûts de production. C'est-à-dire que l'étude de la rentabilité de chaque technique au sein du système doit être évaluée et que les efforts de recherches doivent se porter sur ce qui est le plus coûteux et le plus améliorable. De même, toute valorisation des fruits non exportables par un usage après transformation ou non est un sujet de recherches intéressant les planteurs.

En dernier lieu, toutes les firmes dont le rôle est de proposer des molécules nouvelles (fongicides, herbicides, nématicides, insecticides, etc.), des formulations fertilisan-

tes, des appareils de traitement, de préparation et entretien des sols, etc., ou toutes sortes de procédés, font souvent appel aux services de l'Institut, dans bien des cas pour la préparation de dossiers indispensables pour la demande d'homologation et d'autorisation de vente.

Pour clore ce chapitre, il faut souligner qu'en agronomie il n'est pas possible d'enfermer les chercheurs dans des programmes stricts à long terme. Réfléchir pour établir ces

programmes, en fonction de l'ensemble des facteurs (intérêt scientifique, probabilité de retombée économique, chances de succès, etc.), est une excellente opération pour les chercheurs et agronomes. Il convient cependant de conserver une bonne marge de possibilité d'intervention, qui permet cette souplesse de fonctionnement répondant aussi bien aux vœux des producteurs qu'à l'apparition de nouveaux problèmes biologiques à résoudre.

MÉTHODES DE TRAVAIL EN RECHERCHE BANANIÈRE

Dans le paragraphe «organisation générale», on expliquait comment une expérimentation fait l'objet d'une phase de projet, avec une concertation parfois en plusieurs allers et retours entre les responsables au siège et ceux qui se trouvent outre-mer. Elle est matérialisée par une fiche protocole qui est le document initial et le restera, complété éventuellement par des avenants de modifications, lesquelles sont également décidées en accord avec tous les intéressés.

Ensuite, et compte tenu de la rapidité de végétation des bananiers, des **fiches de réalisation** sont établies en règle générale sur les stations tous les deux mois et diffusées à ceux qui sont concernés par l'essai. Les relevés des observations sont transmis au Service de Biométrie. Une interprétation provisoire en général sur les moyennes brutes peut être faite sur place, l'interprétation finale sur des bases statistiques est faite par le service spécialisé. Les conclusions sont élaborées en commun.

On est parvenu à ce système au cours des années. Il nous paraît cependant excellent d'exposer plus en détail les méthodes utilisées, du fait que très peu de publications ont

été faites à ce sujet et que, dans d'autres pays, les solutions en usage sont très variées, souvent plus proches de celles appliquées aux arbres fruitiers.

Il faut préalablement différencier plusieurs catégories d'études.

Les **essais en champ** peuvent être réalisés soit à l'initiative de l'agronome du bananier dans un pays, soit à la demande de spécialistes : phytopathologiste, entomologiste, agrépédologue, etc. Dans le premier cas, l'agronome est maître d'oeuvre, dans le second il apporte sa pleine collaboration et est convié à participer à la publication des résultats. Des essais deviennent uniquement agronomiques lorsqu'ils concernent des techniques de plantation, conduite de la plante, modes de fertilisation, d'irrigation, d'entretien, de protections physiques et sanitaires du produit, etc.

Des **expérimentations propres** aux spécialistes ont lieu en laboratoire et éventuellement sur quelques bananiers, qui sont seulement un matériel vivant, sans nécessité d'implanter des essais de grandes dimensions.

EXPÉRIMENTATIONS EN CHAMP

P. LOSSOIS, Chef du Service de Biométrie, a largement contribué, avec les agronomes et spécialistes, à élaborer les méthodes de travail actuellement en usage à l'IRFA, et qui sont d'ailleurs constamment remises en question, comme on pourra s'en apercevoir dans la suite.

Dans les essais, le plus fréquemment, les bananiers, dont certains sont observés, sont arrangés en parcelles. Ces dernières sont disposées selon des dessins précis ou chacun des traitements mis en comparaison est répété un nombre de fois tel qu'on obtienne éventuellement un résultat statistiquement valable.

LES OBSERVATIONS DES BANANIERS

Les bananiers qui doivent être observés individuellement sont numérotés selon des conventions. Ils doivent être

repérables sur le terrain à tout moment par une étiquette en matière plastique. Ils conservent leur identité au long des cycles, au fur et à mesure de la succession des tiges.

Le parcours de l'observateur est toujours le même, les bananiers étant mesuré dans l'ordre de numérotation.

Au début de l'essai, le bananier est noté «repris» ou non. A partir de 1,5 mois, en général, on procède aux **observations végétatives** qui comportent obligatoirement la prise de la hauteur du pseudo-tronc (à partir du sol, ou mieux du collet) jusqu'à l'endroit où se touchent les deux plus récents pétioles foliaires. Pour les bananiers adultes, il est déjà excellent d'obtenir une mesure précise à 5 cm près. En même temps, on mesure la **circonférence** du pseudo-tronc, d'abord à 30 cm au-dessus du collet, puis à 30 et 100 cm et ensuite à 100 cm au-dessus du collet. La précision peut être

à 1 ou 2 cm près. P. LOSSOIS a montré antérieurement que cette dernière mesure était en bonne corrélation avec la production en régimes.

Ces passages sont renouvelés tous les deux mois : dans les contrées à cycles rapides on aura deux séries de mensurations, dans d'autres trois et même quatre.

Les observations faites pour certains essais seulement sont : le nombre de feuilles sorties (il est facile de numéroter les feuilles qui viennent de terminer leur déroulement, par inscription sur leur pétiole), le nombre des feuilles restant «vivantes» : suffisamment vertes et supposées fonctionnelles.

D'autres mensurations végétatives relèvent d'études spécialisées.

Les observations de l'époque florale débutent au moment de la sortie de l'inflorescence et de son recourbement. Sauf pour des études spéciales très précises, les relevés ont lieu chaque semaine, mais il est facile le cas échéant de se rapprocher du jour exact avec une approximation de plus ou moins un jour.

Egalement à ce moment, on procède à une dernière mensuration de la taille et de la circonférence du faux-tronc ; en principe, la première ne variera plus sensiblement, la seconde peut diminuer sensiblement avec la fanaison de quelques gaines extérieures.

En général, le régime est récolté à un stade de grossissement qui n'atteint pas celui où il serait maximum et auquel les bananes ne sont pas loin d'éclater. Ceci est dû au fait que, pour exporter des fruits, ce qui demande plusieurs semaines de transport avant que les consommateurs n'en disposent, on doit les cueillir dans un état physiologique suffisamment éloigné de la phase climactérique à laquelle le début de maturation se produit.

Il conviendrait donc que, pour tout essai, soit noté le «grade» qui est une des mesures (aucune n'est parfaite) de cet état d'évolution du fruit : c'est un diamètre du fruit à mi-longueur, perpendiculaire au plan de courbure. En effet, le poids du régime - ou le poids des mains ou des clusters (bouquets) - varie sensiblement avec le grade, comme cela a été démontré. De ce fait, on travaille avec un grade très régulier, généralement celui adopté dans la pratique ou par réglementation pour les fruits exportables (29-30 pour le Cameroun, 34-35 pour la Guadeloupe).

L'autre caractéristique mesurée dans tous les essais est le **nombre des mains** des régimes. Dans des études plus précises, on peut avoir à dénombrer les bananes pour chaque main, les poids de chaque main, et même mesurer des fruits caractéristiques de chaque main. La longueur et le degré de courbure sont des indications intéressantes dans des recherches pomologiques.

Les observations habituelles sont donc suffisantes pour mesurer le développement : durée de temps entre plantation et émission florale (IPF), et entre émission florale et récolte (IFC : intervalle fleur-coupe), intervalle entre récolte

du premier cycle et floraison du second, etc. et pour avoir une mesure de la croissance : la circonférence du pseudo-tronc en particulier intègre bien les croissances foliaires antérieures.

La tendance actuelle serait d'observer plus précocement les rejets successeurs des cycles qui suivent le premier, et même s'ils se trouvent encore sous influence de la plante «mère» qui les a produit.

LA PARCELLE DE BANANIERES

Elle comporte des **bananiers observés** et des **bananiers de bordure**, ces derniers indispensables pour que les bananiers observés des rangs intérieurs de la parcelle soient soumis à des conditions de culture aussi identiques que possible.

Les bananiers de bordure peuvent :

- ou séparer les lignes de bananiers intérieures d'un chemin qui limite cette parcelle et qui peut être plus ou moins large,
- ou séparer les lignes de bananiers intérieures à une parcelle des mêmes lignes intérieures de la parcelle voisine sans qu'il y ait de chemin séparatif,
- ou, sur une même ligne, séparer les pieds observés des extrémités de deux parcelles consécutives.

Selon les expérimentations, on installe une rangée de bordure commune ou bien deux rangées, chacune appartenant à une des parcelles contiguës. Cette dernière disposition est nécessaire dans les études de densité, de fertilisation, etc. Elle contribue à augmenter sensiblement les superficies nécessaires (ex : une parcelle carrée de 36 bananiers observés, 6 rangs de 6 bananiers, demande au total 8 rangs de 8 bananiers, soit 64 plantes).

Les bananiers de bordure croissent et se développent en conditions différentes de celles des bananiers situés à l'intérieur de la parcelle ; ces conditions peuvent être favorables ou défavorables selon les risques plus ou moins grands de concurrence avec les parcelles attenantes, de contamination par les traitements propres à ces mêmes parcelles, selon aussi la plus ou moins grande largeur des chemins ; ceux-ci, lorsqu'ils existent, exposent davantage les pieds de bordure aux coups de vent, favorisent leur insolation, modifie leur densité vraie de plantation, et peuvent s'opposer plus ou moins efficacement à la propagation de parasites et prédateurs.

Il en résulte que les bananiers de bordure ont une production qui peut différer sensiblement de celle des autres pieds de la parcelle. Ne pas distinguer dans une parcelle les bananiers de bordure et les bananiers de l'intérieur est s'exposer à des défauts dans l'évaluation des rendements et de la qualité des fruits.

Il est cependant parfois toléré de le faire :

- soit que l'on attende de grands écarts entre traitements et qu'importent les effets relatifs même s'ils sont approximatifs,

- soit que l'existence d'un chemin soit un impératif comme c'est le cas pour des essais relatifs aux nématodes et que, pour des raisons de dimensions de l'essai, on ne puisse doubler ces chemins de lignes de bordure. Mais il faut garder conscience du biais introduit de cette manière.

Naturellement, les bananiers de bordure doivent avoir les mêmes soins que les bananiers observés, de façon à ce que l'ensemble parcellaire soit très homogène.

Les agronomes sur le terrain ont à résoudre le problème pratique de mettre en place les essais demandés par divers chercheurs, ou ceux qui sont inscrits dans le programme «agronomie» et qu'ils ont souvent eux-mêmes suggérés ; la demande dépassant souvent les possibilités matérielles, ils posent la question : **comment réduire la surface d'un essai ?** Ceci étant devenu d'actualité ces dernières années, P. LOSSOIS a exposé son point de vue de biométricien pour répondre à une première question «**combien de bananiers utiles par parcelle ?**» dans une communication à cette réunion annuelle, que l'on cite presque intégralement :

Tous les bananiers d'une même parcelle n'ont pas le même comportement. Les raisons en sont multiples :

- *le sol varie d'un point à un autre,*
- *le matériel végétal est divers :*
par ses réserves (taille, âge, etc.),
par sa nature (il est encore fréquent que des parcelles soient plantées sans que distinction soit faite entre souches fleuries et non fleuries).

Même en excluant ces dernières sources de variation, l'expérience vérifie qu'il faut atteindre un certain nombre de bananiers pour que leur moyenne se stabilise.

C'est ce qu'illustrent les figures 3, 4, 5, représentant chacune deux courbes de moyennes doublées de celles des écarts types correspondants (essai BA.CI.EXT.140).

Chaque première courbe de moyenne est tracée à partir des moyennes de 1, puis 2, puis 3 ... puis n bananiers successifs dans l'ordre 1 à n.

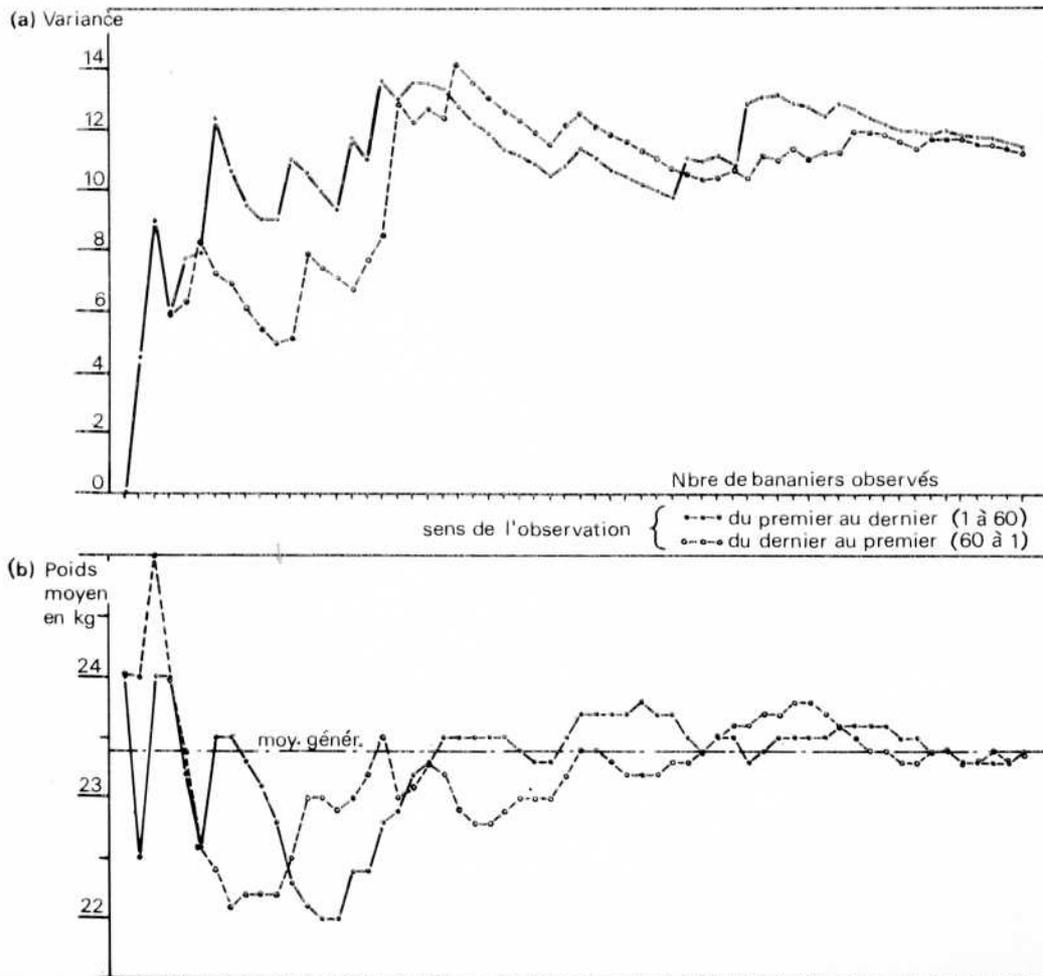


Figure 3 • ESSAI BA.CI.EXT. 140. BANDE 4B. ÉVOLUTION DE LA VARIANCE DU POIDS DES FRUITS (a) ET DE LEUR POIDS MOYEN (b) AVEC LE NOMBRE DE PLANTS OBSERVÉS ET LE SENS DU DÉPLACEMENT SUR LA LIGNE.

La seconde est tracée de façon identique mais les bananiers sont comptés de n à 1.

Dans le cas de la bande de terrain 4 B (figure 3), la stabilisation des moyennes est atteinte :

- à partir de 20 bananiers dans le sens 1 à 60,
- à partir de 30 bananiers dans le sens 60 à 1.

Dans le cas de la bande 10 B (figure 4), ces valeurs sont portées à 50 dans l'un et l'autre sens.

Dans le cas de la bande 16 B (figure 5), une moitié de chaque courbe se situe en dessous de la moyenne et une moitié en dessus.

Les courbes des écarts types traduisent les mêmes phénomènes.

Cet essai vérifie donc que le Service de Biométrie est dans les bonnes limites lorsqu'il conseille 36 bananiers par parcelle.

Des recherches du même type ont été faites sur d'autres essais, dont BA.CA.NYO.58 (figure 6).

Seules ont été tracées les courbes des moyennes des poids.

Figure 8. Diagramme I A.

Selon que le cumul se fait à partir du premier ou du dernier pied, la courbe est descendante ou ascendante. Mêmes remarques pour les diagrammes IV B et V A.

Par contre, on note une stabilisation très rapide des courbes des diagrammes IIA et IIB.

On peut donner quelques autres cas de stabilisation rapide de la moyenne.

Celui de l'essai BA.CI.AZA.158.

Parcelle I Bloc IV	32	28,2	26,9	27,0
Bloc I	46	25,0	25,1	25,4 25,3

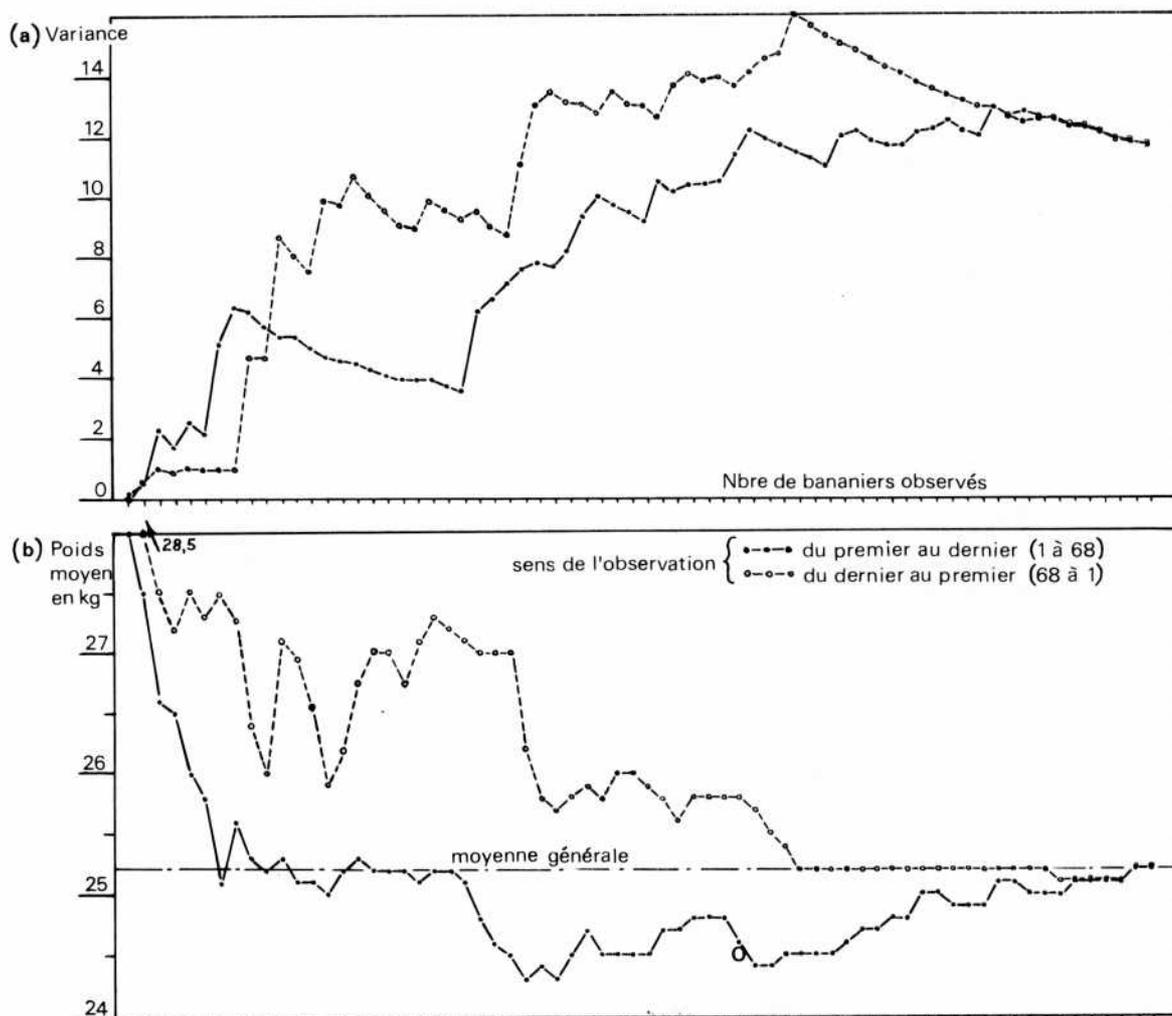


Figure 4 • ESSAI BA.CI.EXT. 140. BANDE 10B. ÉVOLUTION DE LA VARIANCE DU POIDS DES FRUITS (a) ET DE LEUR POIDS MOYEN (b) AVEC LE NOMBRE DE PLANTS OBSERVÉS ET LE SENS DU DÉPLACEMENT SUR LA LIGNE.

Parcelle 2 Bloc IV 34 38,7 28,1 26,8 26,7
 Bloc I 37 23,2 24,8 24,9 24,9

On note ici le moins bon comportement du bloc IV, parcelle 2.

C'est aussi le cas de l'essai BA.CA.CDC.49, parcelle 1 :

nombre de bananiers récoltés	nombre de bananiers sur lesquels porte la moyenne				
	10	20	30	40	50
39	14,9	15,3	15,0	15,5 (n.39)	
51	17,2	16,4	17,0	17,2	17,6 (n.51)
49	17,3	17,1	16,9	17,0	17,2 (n.49)
51	17,0	16,4	16,5	16,6	17,1 (n.51)
44	18,1	18,4	18,3	17,9 (n.44)	

Par contre, on notera le faible nombre de pieds récoltés par rapport aux 60 plants.

En bref, il suffit de fouiller un peu les essais pour trouver des cas où un grand nombre de bananiers était nécessaire et d'autres où des dimensions plus réduites auraient suffi.

En pratique, il s'avère que des progrès importants ont été réalisés au cours des dernières années :

- dans la sélection du matériel végétal :
 - matériel de même nature (ou souches, ou rejets, etc.)
 - matériel de même origine (séparation des plants de plantations différentes),
 - matériel de même âge (même date de coupe),
 - matériel de même stade de développement (distinction entre souches fructifiées et non fructifiées),
 - matériel de même poids ou taille ;

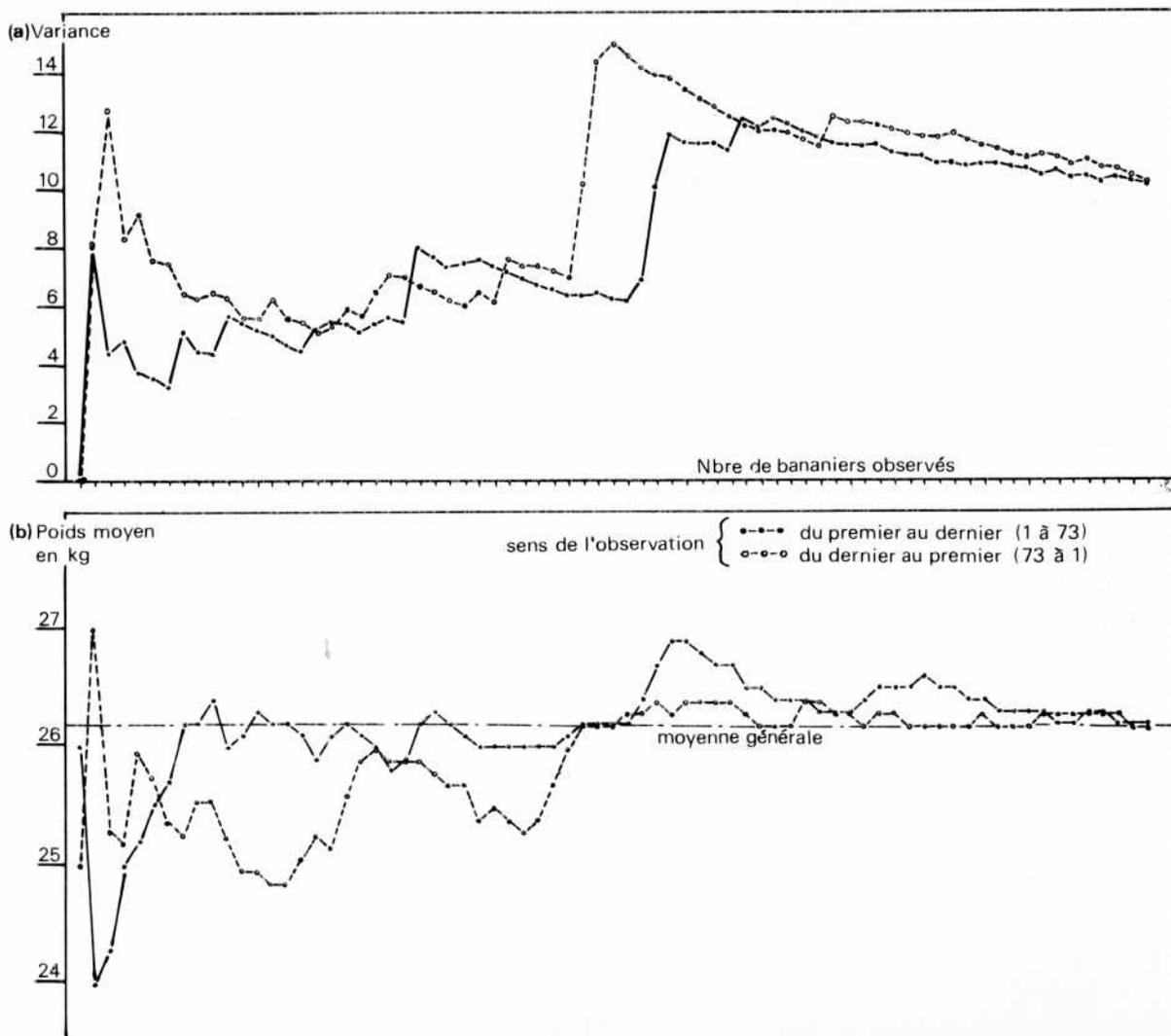
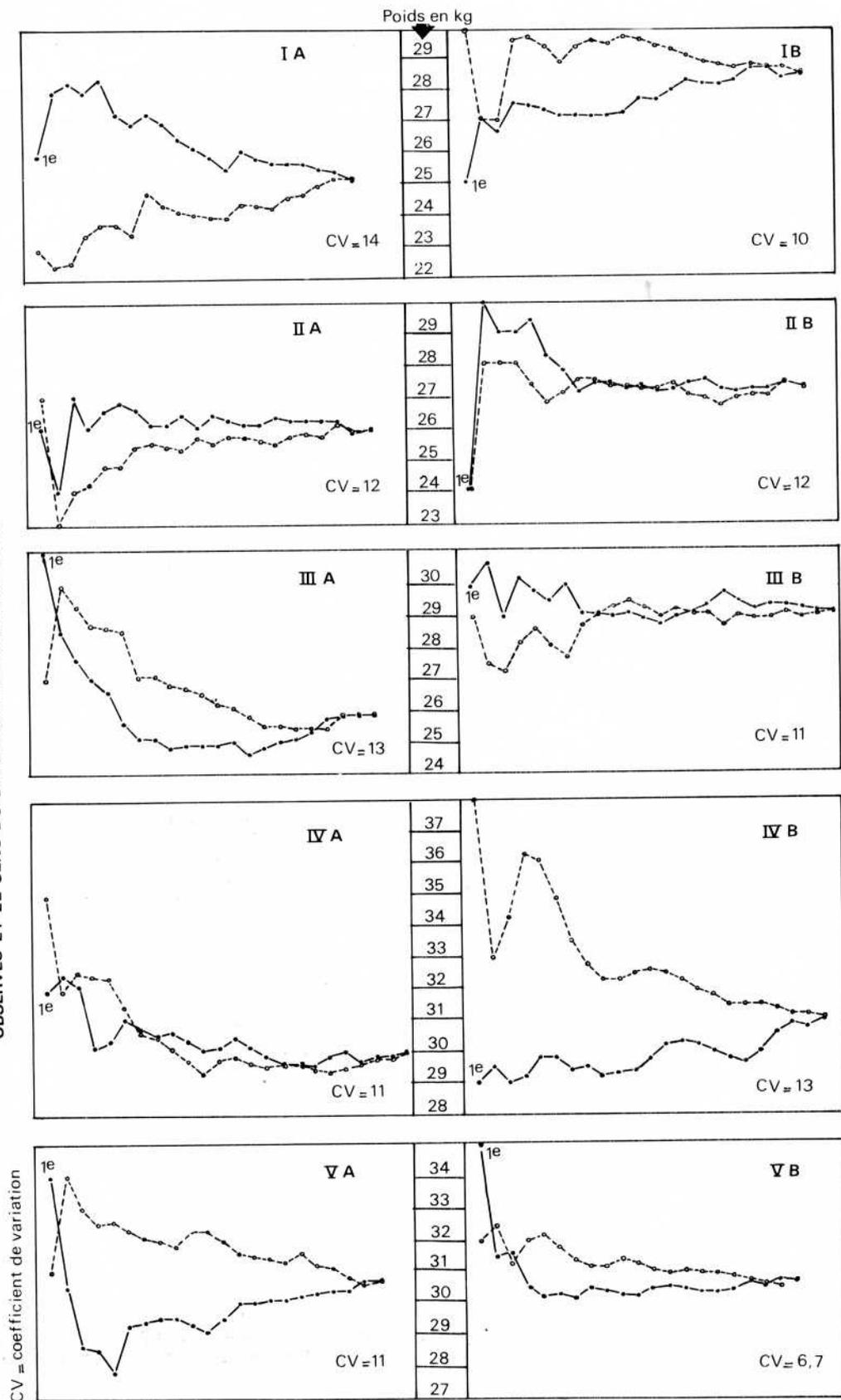


Figure 5 • ESSAI BA.CI.EXT. 140. BANDE 16B. ÉVOLUTION DE LA VARIANCE DU POIDS DES FRUITS (a) ET DE LEUR POIDS MOYEN (b) AVEC LE NOMBRE DE PLANTS OBSERVÉS ET LE SENS DU DÉPLACEMENT SUR LA LIGNE.

Figure 6 • ESSAI. BA.CA.NYO. 58. ÉVOLUTION DU POIDS MOYEN DES FRUITS AVEC LE NOMBRE DE PLANTS OBSERVÉS ET LE SENS DU DÉPLACEMENT SUR LA LIGNE.



- dans la désinfection des plants et du sol (charançons, nématodes) ;
- dans les techniques de plantation (préparation du sol) ;
- dans la conduite des cultures.

Il semble donc possible de conseiller à des agronomes expérimentés, travaillant en de bonnes conditions de sol et de personnel, de réduire sensiblement les dimensions de leurs parcelles, par exemple de 35 pieds utiles à 28, voire 24 exceptionnellement.

Mais le Service de Biométrie insiste sur ce point essentiel : toute réduction des dimensions des parcelles se paie au prix d'une plus grande rigueur. En cas contraire, on s'acheminerait vers des essais aux résultats contradictoires d'une fois sur l'autre.

A l'inverse, le Service de Biométrie rappelle que les grandes parcelles sont inutiles ; elles ne remplacent pas les répétitions. Il est évident que nous ne parlons pas ici des essais particuliers tels que les essais densité, irrigation et quelques autres qui, par nature, exigent de grandes parcelles.

C'est dans la mise au point des techniques de pépinière que réside la possibilité des essais aux dimensions minimales.

Ce n'est pas la première fois que ce problème de « fabrication » de plants pour les essais est soulevé, mais il a été décidé en 1975 de procéder à quelques expériences en ce sens. A. LASSOUDIÈRE a fait remarquer qu'il pourrait être intéressant, dans des essais de longue durée et comportant plusieurs révolutions (période entre replantations successives sur le même terrain), de réutiliser le matériel végétal traité par traitement, et d'obtenir ainsi des effets cumulatifs favorables ou défavorables.

LE NOMBRE DE RÉPÉTITIONS

Dans le même souci « d'économiser » le terrain, les agronomes ont tendance à diminuer le nombre des répétitions ou même à procéder à des tests simplifiés de comparaison. Il était d'ailleurs admis que les agronomes pouvaient procéder à de tels tests, à titre exploratoire, mais à la condition naturellement qu'on ne tienne compte que des indications positives et qu'elles soient ensuite vérifiées en essais véritables.

L'expérience des années écoulées a montré que le plus souvent ces tests étaient rarement intéressants. P. LOSSOIS, dans un autre document intitulé « de la nécessité des répétitions et du danger des dispositions systématiques », a présenté quelques exemples d'erreurs graves que nous citons ci-après. Il ne faudra pas que le lecteur en conclue que les agronomes ne suivent pas les règles classiques : la grande majorité des essais sont réalisés en les respectant, mais l'occasion était offerte, à la Réunion annuelle, de procéder à une auto-critique des méthodes utilisées.

Nous livrons ici aux réflexions de chacun des chiffres collectés dans certains essais situés en différents pays où travaille l'IRFA. La plupart de ces chiffres sont repris dans

des fiches commentaires du Service de Biométrie concernant les essais d'où ils proviennent.

- Limiter à deux répétitions les dimensions d'un essai permet des économies substantielles de terrain, de matériel végétal ... et d'information.

L'essai dont la figure 7 illustre les résultats avait pour objectif d'étudier l'efficacité et la phytotoxicité de différents herbicides à quatre doses différentes.

Les effets d'un même traitement sont parfois contraires d'une répétition à l'autre ; en particulier pour le traitement (6), les écarts entre répétitions alternent d'une dose à l'autre :

	Dose 1	2	3	4
écart répétition	B - A +2,7	- 3,7	- 0,7	+ 3,7

- Test de l'âne de Buridan.

Tests «t» de Student, «F» de Fisher, tests de Duncan, de Dunnett, de Spearman, de Wilcoxon et bien d'autres encore ! Tous ces noms prestigieux figurent à l'index de tout ouvrage traitant des méthodes statistiques.

Mais il en est un jamais cité, quoique plus fréquent ; c'est celui de Buridan. Qui n'en connaît l'histoire ? Un âne pareillement affamé qu'assoiffé se trouve un jour à égale distance d'un picotin d'avoine et d'un seau d'eau. Vers lequel va-t-il d'abord ? ou se laissera-t-il périr et de faim et de soif ?

Dans un essai, bien réel celui-là, étudiant l'effet du manganèse par pulvérisation, les résultats des deux premiers blocs furent les suivants :

	Bloc I		Bloc II	
	sans	avec	sans	avec
manganèse				
poids moyen	29,3	32,6	32,7	32,3

Restait un troisième bloc à observer ; confirmerait-il l'effet du Mn comme sur le bloc I, ou son inefficacité comme sur le bloc II ?

Le résultat fut en faveur de l'inefficacité. Fallait-il en conclure à l'inefficacité du manganèse comme à la soif plus grande de l'âne s'il s'était d'abord dirigé vers le seau d'eau ?

Hormis le cas où les résultats vont tous dans le même sens, un essai à trois répétitions ne prouve pas grand chose.

Le simple bon sens commande d'en faire quatre au minimum.

- Les années se suivent et ne se ressemblent pas.

Les deux exemples précédents montrent la nécessité de répétitions sur le terrain au sein d'un même essai.

Mais il est fréquent que ce qui était vrai hier ne le soit plus aujourd'hui. En fait cela tient à ce qu'il n'y a que des années exceptionnelles ; l'année moyenne n'existe pas ... sauf comme vue de l'esprit.

Et quand bien même elle existerait, le cycle végétatif, et plus spécialement celui du bananier, ne cadre pas rigoureusement avec le cycle de l'année : récoltes successives, puis

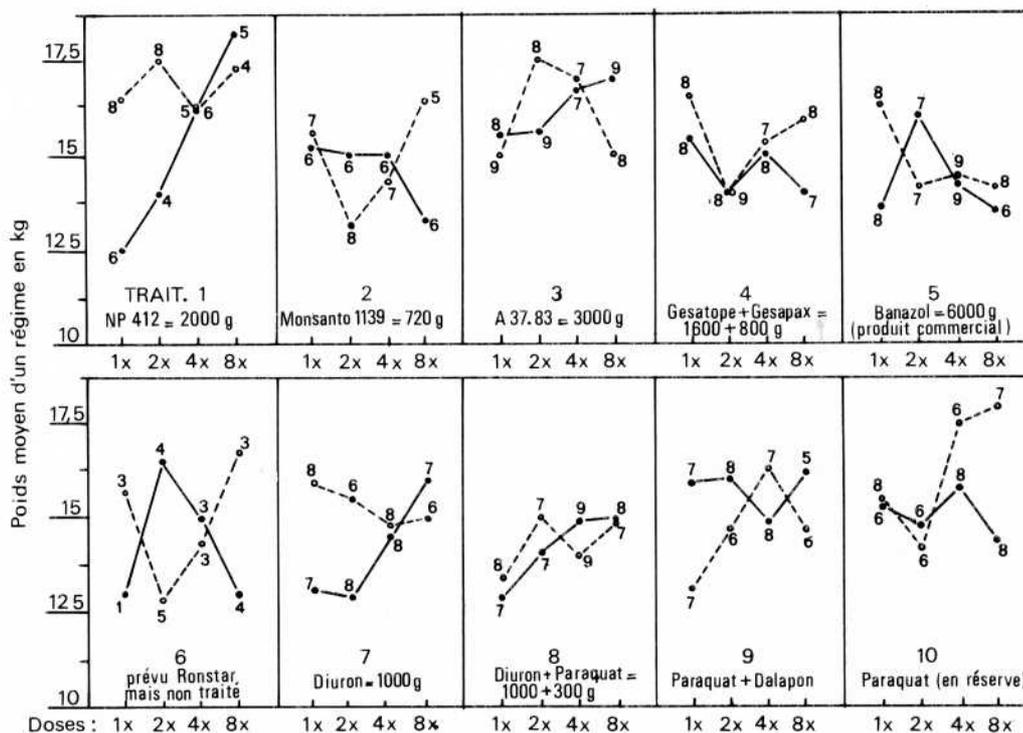


Figure 7 • ESSAI BA.CI.AZA.158. 1^{er} CYCLE. "HERBICIDES SCREENING". POIDS MOYEN D'UN REGIME

●—● Répétition A. ○---○ Répétition B.
8, 6, 3,..... Nbre de pieds plantés moins les tornadés, recépés, fleuris recépés.

replantation se répètent chaque fois à des dates différentes.

Les études de coloration du fruit sur un essai à Nyombé l'illustrent bien. La figure 2 fait paraître les dates de plantation des II, III et IV^e révolutions (*) et, encadrées pour chaque niveau de N, les dates correspondantes de récolte des cycles successifs. En plus sont données les pluviosités mensuelles des mois entourant la récolte, et la coloration moyenne du fruit correspondant ; nous en avons extrait le tableau ci-dessous :

IV ^e révolution	cycle 1			cycle 2		
	N ₂	N ₁	N ₀	N ₂	N ₁	N ₀
mois de récolte	fév.	mars	avril-mai	nov.	déc.	jan.
couleur pulpe	9,2	9,6	9,9	10,1	10,2	9,6
pluviosité	114	58	195	77	15	62

Les effets de l'azote sur la coloration s'inversent d'un cycle à l'autre ; les pluviosités du cycle 1 supérieures à celles du cycle 2 en sont-elles responsables ? Peut-être d'autres facteurs jouent-ils aussi un rôle comme la température. Nous nous bornerons ici à constater le fait que la coloration varie en sens inverse d'un cycle à l'autre.

(*) - périodes de temps séparant la date de la première plantation de la bananeraie de la première replantation, ou séparant des replantations successives sur le même terrain.

• Les gradients de fertilité ne sont pas un mythe.

D'un essai réalisé au Niéky (Côte d'Ivoire BA.CI.ABY. 154) nous extrayons le tableau suivant :

bloc	I	II	III	IV	V	écart I-V
C en p. cent	47,6	46,6	46,7	45,8	43,0	4,6
K en p. cent	1,60	1,87	2,10	2,19	2,77	1,17
hauteur pied-mère	267	274	275	283	284	17
IPC (*)	275	281	280	290	300	25
poids moyen	24,8	25,4	25,7	26,9	27,2	2,4
nbre mains	8,4	8,5	8,7	8,9	9,0	0,6
p. cent pieds fleuris	96	97	95	92	90	6

(*) intervalle en jours date de plantation/date coupe

D'un autre essai à Ivoloïna (Madagascar BA.MA.IVO. 31) ce tableau :

bloc	I	II	III	écart I-III
hauteur pied-mère	224	215	210	14
p. cent pieds fleuris	95	95	81	14
poids moyen	19,7	18,5	17,8	1,9

Enfin de l'essai BA.CI.ABY.153 (Côte d'Ivoire)

bande	18	19	20	21	22	écart 18-22
poids moyen série A	27,7	24,9	24,6	22,0	20,8	6,9
poids moyen série B	27,6	26,0	25,0	24,8	22,6	5,0

(les bandes ont été plantées à des dates différentes, tous les deux mois ; les écarts doivent être considérés entre série A et série B, et ils sont dus au sol. A. LASSQUIDIÈRE).

Tous ces tableaux se passent de commentaires. Chacun sait qu'il serait facile d'en allonger la liste.

● De la subjectivité dans l'interprétation d'essais à faible nombre de répétitions.

Dans l'essai du Niéky n°154, on a la chance de vérifier par l'analyse de sol que le gradient de fertilité incombe bien au sol.

Mais les analyses de sol ne sont pas toujours présentes et le gradient de fertilité peut avoir une autre source que le sol : exposition, matériel végétal de classes différentes, etc.

Dans ces conditions, l'interprétation d'un essai à faible nombre de répétitions risque toujours d'être subjective. C'est ce qui ressort de notre conclusion à l'essai fait à Ivoloïna (Madagascar), BA.MA.IVO.45, dont voici les extraits :

Moyennant l'hypothèse d'un gradient de fertilité régulier et quadratique d'est en ouest, on met en évidence :

- un effet favorable et significatif de la tourbe sur le nombre de pieds récoltés par parcelle,
- mais on ne peut mettre en évidence un même effet sur le poids moyen des fruits.

Cette conclusion appelle toutes réserves car établie à partir d'une hypothèse sur l'allure du gradient qui lui est favorable. Mais d'autres hypothèses également plausibles auraient pu être faites ; celle par exemple qui consisterait à considérer que le nombre de pieds récoltés est pour une part aléatoire (tornade par exemple) et que la courbe représentative du gradient de fertilité prend par exemple l'allure de la courbe en figure 3.

Dans cette hypothèse, la tourbe n'a plus d'effet sur le nombre de pieds récoltés :

Par contre l'hypothèse, pour le poids moyen, d'un gradient suivant la courbe figure 4 (très plausible) rendrait significatif l'effet de la tourbe sur le poids moyen.

Par trois points, il est toujours possible de faire passer un grand nombre de courbes d'allure satisfaisante. Par quatre points cela est déjà plus difficile ; par cinq, fantaisie à part, la vérité est cernée de près.

En bref : quand un essai ne comporte pas suffisamment de répétitions, son interprétation risque toujours d'être très

subjective, tout particulièrement si l'homogénéité du sol ou du matériel végétal peut être mise en cause.

● In medio stat virtus ou du bon usage à faire des bananiers dont on dispose.

Si les parcelles à faible nombre de bananiers ont leurs partisans, les grandes parcelles ont aussi les leurs ... au prix d'une réduction du nombre des répétitions.

Nous laisserons au lecteur le soin de s'interroger sur les conclusions du Service de Biométrie dans une fiche commentaire relative à un tel essai. Les voici.

Ces résultats confirment la remarque du Service de Biométrie datant du 5 juillet 1971. Bien qu'ils diffèrent par leurs façons culturales, les traitements dans les conditions de l'essai ne diffèrent pas significativement dans leur production. La tendance observée va même à l'encontre des résultats attendus :

- le traitement I, non travaillé, a les meilleures caractéristiques de récolte ;

- cependant on remarque qu'il n'y a que trois répétitions à cet essai ;

- 3 répétitions x 5 traitements x 100 bananiers = 1.500.

Avec des parcelles de 36 pieds utiles et une ligne de bordure commune, on aurait disposé de :

$$\frac{1.500}{56} = 26 \text{ parcelles}$$

soit 5 traitements x 5 répétitions.

Avec des parcelles de 36 pieds utiles et une ligne de bordure propre :

$$\frac{1.500}{70} = 21 \text{ parcelles}$$

Les résultats n'auraient peut-être pas été davantage différents, mais les conclusions sûrement plus affirmatives.

Notre raisonnement ici est un peu simpliste ; j'en suis conscient ... forme du terrain, contraintes diverses, tornades, etc.

Mais je veux surtout insister une fois encore sur la pénalisation supportée par tout essai non rigoureux.

LE CHOIX DU DISPOSITIF EN EXPÉRIMENTATION AU CHAMP

Après avoir examiné les deux paramètres : nombre de bananiers utiles par parcelle et nombres de répétitions, P. LOSSOIS, dans un troisième document, présente sa position quant au choix du dispositif propre à la meilleure utilisation statistique possible.

Il semble indispensable à nouveau, de le citer complètement :

● **Rappel des bases des tests statistiques.**

Les tests statistiques les plus couramment utilisés en expérimentation font référence à différentes lois, dont :

- loi du χ^2 pour comparer des proportions, juger de l'homogénéité de plusieurs variances etc.,
- loi normale pour la comparaison de variances et moyennes dans le cas de grands échantillons,
- loi du «t» de Student Fisher et «F» de Fisher Snédécour dans le cas de petits échantillons.

Ces lois ne sont d'ailleurs pas sans lien entre elles : la loi de F est celle du rapport de deux variables χ^2 ; elle se confond, pour la comparaison de deux traitements, avec le carré de la variable t, et celle-ci tend vers la loi normale dès que le nombre de répétitions devient important.

L'objectif de ce chapitre est de traiter de la filiation des essais agronomiques classiques qui relèvent pour la plupart de l'analyse de variance ; le nombre toujours limité de leurs parcelles fait une obligation de l'emploi du test F. C'est donc par rapport à ce test que nous jugerons des différents dessins.

● **Le test F.**

La validité du test F suppose remplir plusieurs conditions déjà maintes fois évoquées ; nous admettrons qu'il en est ainsi.

Rappelons le principe du test.

La grandeur du rapport F de la variance des traitements à celle de l'erreur résiduelle permet de connaître la probabilité que les écarts entre traitements soient aléatoires ; le test s'effectue par comparaison de la valeur du F de l'essai à celui de tables établies pour différents seuils de probabilité, particulièrement à 5 p. cent et 1 p. cent.

Pour un même taux de probabilité, la valeur du rapport F (tableau 1) :

- diminue : si pour un même nombre des degrés de liberté (D.L.) des traitements, celui des D.L. de l'erreur croît.
- diminue : si pour un même nombre des D.L. de l'erreur égal ou supérieur à 3, celui des D.L. des traitements croît,
- augmente : si pour un même nombre des D.L. de l'erreur, de valeur 2 ou 1 (cas rare), celui des D.L. des traitements croît.

● **Les facteurs du choix d'un dessin.**

De plusieurs dessins à même nombre de traitements, le meilleur semblerait donc être celui au nombre maximum de D.L. de l'erreur.

En fait plusieurs facteurs interviennent dans ce choix ; ce sont en particulier :

- l'ordre de grandeur des différences à faire apparaître entre traitements et le risque accepté de se tromper

En effet, à un test statistique ne correspond jamais une certitude mais seulement une probabilité. Selon le domaine où l'on expérimente, le risque accepté est plus ou moins grand ; en agronomie, il est le plus souvent de 5 à 1 p. cent.

Mais il ne suffit pas de définir un risque d'erreur ; il faut encore préciser la grandeur qu'il concerne c'est-à-dire la plus petite différence significative (PPDS) ; elle est donnée par la formule :

$$PPDS = \sigma_d \cdot t$$

où σ_d , variance de la différence entre traitements, dépend du caractère étudié et de la conception et réalisation de l'essai et où t, fourni par la table du même nom, varie avec le risque accepté, mais aussi avec le nombre de D.L. de l'erreur, donc avec le dessin.

En d'autres termes, si l'écart attendu entre traitements est grand, la PPDS pourra l'être aussi, d'où la double possibilité :

- d'un t plus élevé, c'est-à-dire d'un moindre nombre de D.L. pour l'erreur, donc d'un moindre nombre de répétitions ;
- d'un σ_d plus élevé, c'est-à-dire d'une moindre exigence sur l'homogénéité de l'essai.

A l'inverse, de faibles différences entre traitements nécessiteront un dessin plus élaboré, avec un plus grand nombre de répétitions et un maximum de rigueur tant à la mise en place de l'essai que pour sa conduite.

- la connaissance des dimensions maximales de l'essai du double point de vue pratique et économique.

Le rapport F décroît toujours quand augmente le nombre de D.L. de l'erreur, mais il décroît de moins en moins vite. Compte tenu du coût d'un essai en surface, matériel végétal, temps d'observateur, d'agronome, de spécialistes, etc., il n'y a pas intérêt à accroître démesurément le nombre des répétitions.

- la connaissance des conditions d'implantation et de conduite de l'essai.

Elle permettra un meilleur contrôle de l'homogénéité du sol, du matériel végétal, des façons culturales etc., par des dessins appropriés (blocs, carrés latins, blocs incomplets).

Ces dessins ont pour avantage d'accroître le rapport F en abaissant la variance de l'erreur ; en contre-partie, il leur correspond une perte des D.L. de celle-ci, d'où pour une même valeur de F un abaissement de son taux de signification.

Le meilleur dessin est donc celui dont les effets favorables sur le rapport F, par réduction de la variance de l'erreur, l'emportent sur les pertes de signification consécutives à l'abaissement du nombre de D.L. de cette même erreur.

En résumé, le choix d'un dessin efficace pour un essai dépend essentiellement de la pleine collaboration entre les agronomes, le Service de Biométrie et les différents autres

spécialistes intéressés.

Mais, de façon générale, l'expérience vérifie que les sources d'hétérogénéité sont souvent très nombreuses, et même insoupçonnées, et qu'il y a intérêt à réaliser des dessins susceptibles de les contrôler au maximum.

Aussi avons-nous pensé utile de passer en revue les types d'essais les plus faciles à implanter sur le terrain, en précisant leur liaison et les caractéristiques de chacun.

• Les dessins statistiques.

Dans les lignes qui suivent, nous désignerons par :

t le nombre des traitements

$t_1, t_2 \dots t_n$ chaque traitement particulier

k le nombre des répétitions

$k_1, k_2 \dots k_n$ chaque répétition particulière

n le nombre de pieds par parcelle (ou sous-parcelle)

V le nombre des sous-traitements

$V_1, V_2 \dots$ chaque sous-traitement particulier

- Essai à un seul traitement

En k parcelles de n bananiers par parcelle.

Ce dispositif convient pour étudier la variabilité d'un clone réparti sur différentes parcelles. Rarement utilisé seul, nous la décrirons cependant car, reproduit pour différents traitements, il est à la base des différents autres dessins.

Soit $k = 5$ le nombre de parcelles et $n = 10$ le nombre d'arbres par parcelle ; le tableau d'analyse de la variance est le suivant :

origine de la variation	degrés de liberté = D.L.
$V T =$ Variation totale	$kn - 1 = 50 - 1 = 49$
$V P =$ Variation globale entre parcelles	$k - 1 = 5 - 1 = 4$
$E R =$ Variation entre parcelles ou résiduelle	$k(n - 1) = 5 \times 9 = 45$

Le processus de réflexion est le suivant :

- ou il n'y a aucun effet «parcelle» sur les individus et, dans ce cas, la variabilité du clone est la variation totale,

- ou il y a un effet «parcelle» et, dans ce cas, la variabilité du clone est la variation résiduelle, c'est-à-dire ce qu'il reste de la variation totale après déduction de la variation entre parcelles.

Pour savoir si l'effet parcelle est ou non significatif, on calcule le rapport F de la variance entre parcelles à la variance résiduelle et on le compare aux F 5 p. cent et 1 p. cent ($k - 1$) et $k(n - 1)$ D.L. soit ici :

$(k - 1) = 4$ et $k(n - 1) = 45 \rightarrow F 5\% = 2,58$ et $F 1\% = 3,75$

Supposons un F calculé de 4,10 ; il y a une probabilité supérieure à 99 p. cent pour que les différences observées entre parcelles soient réelles, ou encore une probabilité inférieure à 1 p. cent pour qu'elles soient aléatoires.

Supposons maintenant un F calculé de 1,80. Cela signifie que les différences de croissance observées ont moins de 95 chances sur 100 d'être réelles et donc plus de 5 p. cent d'être aléatoires ; en d'autres termes, un test négatif ne tranche pas entre la négation d'une différence, ou sa non mise en évidence au seuil de probabilité choisi.

- Essai à plusieurs traitements

Avec un traitement K parcelles (ou répétitions) de n bananiers.

La répartition au hasard connaît donc une restriction, chaque traitement étant constitué en un nombre de k parcelles de n pieds et non en kn répétitions.

On choisit sur le terrain $k t$ emplacements entre lesquels sont réparties entièrement au hasard les $k \times t$ parcelles de l'essai.

Les $n k t$ bananiers constitutifs de l'essai sont eux-mêmes répartis entièrement au hasard entre les kt parcelles.

Le schéma de l'analyse de la variance est donné ci-dessous pour $t = 3, k = 5, n = 10$.

origine de la variation	degré de liberté = D.L.
$V T =$ Variation totale	$tkn - 1 = 3 \times 5 \times 10 - 1 = 149$
$V G P =$ globale entre parcelles	$t k - 1 = 14$
$V O =$ entre traitements	$t - 1 = 2$
$V P =$ vraie entre parcelles	$t(k - 1) = 3 \times 4 = 12$
$E R =$ intraparcellaire $= V T - V G P$	$t k(n - 1) = 3 \times 5 \times 9 = 135$

Le processus d'interprétation est le suivant :

On teste s'il existe un «effet parcelle» en calculant le rapport F de la variance VP à la variance résiduelle, et en le comparant au F correspondant des tables.

Ou «l'effet parcelle» n'existe pas, ou plus exactement n'est pas mis en évidence et, pour une meilleure estimation de l'erreur résiduelle, on fait $E' = VP + ER$ avec $t(k - 1) + t k(n - 1) = t(n k - 1)$ D.L. et c'est la variance de E' qui servira au test F du traitement.

Ou «l'effet parcelle» existe et c'est la variance de VP qui servira au test F du traitement.

On voit immédiatement les conséquences de cette alternative :

- «sans effet parcelle», on entre dans la table des F par $(t - 1)$ et $t(n k - 1)$ D.L., soit ici par 2 et 147 D.L., ce qui donne : $F 5\% = 3,06$ $F 1\% = 4,75$.

- avec «effet parcelle», on entre encore dans la table par $(t - 1)$ D.L. aux traitements, mais seulement $t(k - 1)$ à l'erreur, soit ici par 2 et 12, ce qui donne :

$F 5\% = 3,88$ $F 1\% = 6,93$.

Ceci revient à considérer une seule valeur par parcelle : sa moyenne. Pourquoi alors, demanderont certains, ne pas limiter la parcelle à un seul bananier ; les seuils de signifi-

tion seraient les mêmes. C'est exact. Par contre le terme erreur serait fort probablement beaucoup plus grand, les fluctuations individuelles étant très supérieures à celles de la moyenne, d'où une variance résiduelle beaucoup plus forte, et donc un F calculé plus faible.

- Essai à plusieurs traitements regroupés en blocs homogènes

Soit k parcelles (ou répétitions) par traitement et n bananiers par parcelles.

Dans ce dessin on note une nouvelle restriction à la répartition au hasard : celle de la constitution des répétitions en blocs.

Le schéma d'analyse découle des précédents :

origine de la variation	degré de liberté = D.L.
VT = Variation totale	$t k n - 1 = 149$
VGP = Variation globale entre parcelle	$t k - 1 = 14$
VB = Variations blocs	$k - 1 = 4$
VO = variation entre traitements	$t - 1 = 2$
VBO = Variations blocs x traitements (ou interaction $B \times C$)	$(k - 1)(t - 1) = 8$
V résiduelle = $VT - VGP$	$t k (n - 1) = 135$

Ce dessin rigoureusement identique aux précédents quant au nombre des parcelles en diffère par le contrôle d'un facteur d'hétérogénéité (sol, matériel végétal ou autre) par les blocs, avec pour corollaires :

- 1) une réduction de la part des variations imputable à l'erreur ;
- 2) une perte de D.L. de l'erreur correspondant aux D.L. des blocs.

L'option en faveur de l'un ou l'autre dessin dépend donc essentiellement de l'avantage escompté de la réduction de l'erreur relativement à la perte de signification consécutive à la réduction des D.L. de cette même erreur.

3) une interaction VBO qui, lorsqu'elle est significative, indique une réaction des bananiers aux traitements, variable avec les blocs, dont la loi d'action varie avec son niveau.

La conséquence en est double :

- dans l'immédiat, il faut pousser plus à fond l'étude pour essayer de reconnaître ce facteur ;
- pour l'avenir, c'est une incitation à ne pas « tricher » en cachant sous le terme (bloc) ce qui constitue en réalité des traitements différents, (ex : densité variable d'un bloc à l'autre, matériel de plantation différent, etc.).

- Essai en carré latin

Le nombre des traitements égale celui des répétitions : $t = k$; la répartition est telle que sur chaque ligne, comme sur chaque colonne, chaque traitement apparaisse une fois, et une seule.

Ce dessin permet de contrôler deux facteurs de variation, l'un selon les lignes, l'autre selon les colonnes, contre un par le dessin en blocs. A noter que ces deux facteurs peuvent être aussi les composants parallèles aux lignes et colonnes d'un même gradient de fertilité dont l'exacte direction n'est pas connue.

Mais alors que le dessin en blocs n'impose pas au facteur bloc de varier suivant un gradient d'un bloc au suivant, le dessin en carré latin impose que les deux facteurs contrôlés évoluent régulièrement, l'un suivant les lignes, l'autre suivant les colonnes.

En cas de variation discontinue de l'un ou l'autre des deux facteurs, le recours au carré latin est une erreur et l'analyse de variance correspondante n'est pas valable.

Cette remarque faite, le schéma d'analyse du carré latin ne diffère de celui en blocs que par l'identification de la nouvelle source de variation, celle des colonnes, homologue de celle des blocs (dite aussi ligne), d'où le schéma (en posant $t = k = 5$ $n = 10$) :

Origine de la variation	degré de liberté = D.L.	
VT = Variation totale	$t^2 n - 1$	249
VGP = Variation globale entre parcelles	$t^2 - 1$	24
VB = Variation entre blocs (= ligne)	$t - 1$	4
VC = Variation entre colonne	$t - 1$	4
VO = Variation entre traitements	$t - 1$	4
V = Variation résiduelle entre parcelles	$(t - 1)(t - 2)$	12
V résiduelle = $VT - VGP$		

Le processus d'interprétation découle de celui des blocs.

Cependant, l'emploi de dessin en carré latin appelle quelques remarques particulières :

- le carré latin atteint vite au gigantisme : pour les carrés 4×4 , 5×5 , 6×6 , 7×7 , 8×8 , 9×9 , il faut respectivement 16, 25, 36, 49, 64 et 81 parcelles ;
- à l'opposé, les carrés latins à faible nombre de traitements ont un terme VR à faible nombre de D.L. et si, comme probable, ce terme sert à tester les traitements, la signification de ceux-ci risque de ne pas apparaître. Aussi est-il recommandé de répéter plusieurs fois ces carrés.

Le tableau ci-après : permet de comparer les F correspondant à un même taux de probabilité dans les cas de un carré, c carrés et k blocs.

Il résulte de cette étude que le carré latin est un des essais les plus délicats à mettre en place. Bien employé, il est riche d'informations, mais utilisé mal à propos il s'avère plus nuisible qu'utile.

- Essai en parcelles subdivisées en v sous-parcelles de n individus

1 seul carré				c carré				k bloc		
Type	N	DL	F 5 %	C	N'	DL	F 5 %	k	DL	F 5 %
2 x 2	4	0								
3 x 3	9	4	6,94 et 18,00	3	27	10	4,10 et 7,56	9	16	3,65 et 6,23
4 x 4	16	6	4,76 et 9,78	2	32	15	3,29 et 5,42	8	21	3,07 et 4,87

La subdivision peut être appliquée à tous les dessins précédents.

Certains voudront y voir la possibilité de réduire par deux ou trois les dimensions des parcelles ; ce serait une erreur : s'il est nécessaire que les parcelles soient suffisamment grandes pour être représentatives quand il s'agit de traitements, pourquoi en serait-il autrement quand il s'agit de sous-traitements ! Cependant une économie peut parfois être réalisée sur les bordures entre sous-traitements, leur utilité dépendant essentiellement de la nature des sous-traitements.

La raison d'être des parcelles subdivisées est en réalité toute autre : certains traitements exigent par nature de grandes parcelles ; c'est entre autres le cas d'essais de modes de culture, d'irrigation ; par contre ces grandes parcelles peuvent fort bien être divisées en sous-parcelles de la taille des parcelles classiques et servir ainsi à expérimenter sur des sous-traitements, auxquels conviennent les parcelles de dimensions habituelles.

Conséquence évidente de cette structure : les t traitements principaux sont répétés k fois, mais les n sous-traitements le sont $k t$ fois. Le maximum de précision est donc obtenu pour les sous-traitements et non pour les traitements.

On comprend donc qu'il n'y a aucun intérêt à utiliser ce mode de dessin si aucune raison technique ne l'impose. Mieux vaut lui préférer un essai à $k t$ traitements qui ne prendra pas plus de place mais sera plus équilibré et efficace.

Ci-dessous, nous donnons le schéma d'analyse pour un essai en blocs à parcelles subdivisées.

$k = 5$ blocs	$t = 3$ traitements	$v = 10$ sous-traitements	$n = 10$
- VT = Variation totale au niveau des individus		$tkvn - 1$	D.L. 1499
- VTSP = Variation totale au niveau des sous-parcelles		$tkv - 1$	149
- VCP = Variation totale au niveau des parcelles		$tk - 1$	14
V Blocs		$k - 1$	4
V Traitements		$t - 1$	2
V Interaction B - t = erreur a		$(k - 1)(t - 1)$	8
- VSP		$tk(v - 1)$	135
V sous-traitement		$n - 1$	9
V t/sous traitement		$(t - 1)(v - 1)$	18
V Interaction B x t x s/t = erreur b		$t(k - 1)(v - 1)$	108
- V résiduelle		$tkv(n - 1)$	1350

Le processus d'interprétation est toujours le même ; nous ne le reprendrons pas ici.

- Cas particuliers $n = 1$.

Dans les différents essais, le nombre des individus par parcelle (ou sous-parcelle) est réduit à 1.

Le schéma d'analyse s'en trouve simplifié ; mais on perd en même temps la possibilité de vérifier si l'interaction Bloc x traitement est significative, c'est-à-dire de vérifier si la réaction des traitements est la même dans tous les blocs ... On ne peut gagner à la fois sur tous les tableaux.

- Cas pratique - Assimilation de la parcelle à sa moyenne.

Théoriquement, les n individus d'une parcelle sont chacun représentatifs de la population dont ils sont extraits.

Si cette population est très homogène, peu dispersée, le terme Résiduel sera faible et l'essai aura tout son sens ; les analyses telles que décrites ci-dessus seront justifiées.

Si cette population est au contraire très dispersée, les variations d'individu à individu seront grandes, souvent supérieures aux effets imputables aux traitements. Dans ce cas, la variance résiduelle sera forte, et pratiquement on obtiendra d'aussi bons résultats à un moindre coût d'analyse en prenant une seule valeur par parcelle, la moyenne. Rappelons ici qu'à l'écart-type σ , indice de dispersion d'une population, correspond $\sigma_m = \sigma/n$, indice de dispersion de la moyenne calculée sur n individus.

La dispersion sur n moyennes sera toujours faible, sur n individus quelconques elle sera toujours grande.

En conclusion,

bien d'autres dessins mériteraient encore d'être décrits : blocs incomplets, dispositifs confondus.

Mais notre but était essentiellement de faire ressortir quelques-unes des difficultés du choix d'un dessin :

- plus un dessin est élaboré, plus les tests statistiques correspondants sont exigeants ;
- en conséquence, plus le dessin est élaboré, plus il faut être strict dans l'implantation et la conduite de l'essai.

L'expérimentation ne s'accommode pas de jeux de mots : ne cachons pas sous les termes de blocs ou répétitions des traitements déguisés que l'analyse statistique découvrira et qui ôteront toute signification à l'essai.

Et n'oublions pas que si les variations du matériel végétal sont plus grandes que celles attendues des traitements, il sera bien difficile de faire apparaître ces derniers.

ÉTUDES SPÉCIALISÉES

Les méthodes ont été élaborées au fur et à mesure des besoins des spécialistes des disciplines intervenant dans les recherches bananières. C'est donc qu'elles ont été tout d'abord un outil du travail expérimental - et qu'elles le sont parfois restées. En général, le biométricien est intervenu pour étudier le degré de précision, la valeur des données obtenues. Certains défauts de méthodologies peuvent apparaître à l'usage. Elles font alors l'objet d'études critiques afin de les améliorer.

Il n'est pas dans notre intention de reprendre dans ce texte la description de la totalité de ces techniques de travail, dont il est possible de trouver le détail dans des publications antérieures. Mais quelques-unes ont fait suffisamment leurs preuves pour devenir des modes de diagnostic utilisables à une échelle plus vaste que celle de l'expérimentation. Ils permettent en effet de juger de l'état d'une bananeraie ou d'une zone écologique productrice de bananes. Les résultats de recherches peuvent alors être valorisés et c'est un problème important examiné dans un chapitre suivant.

ÉTUDES DE LA PLANTE

Certaines expérimentations, par leurs objectifs, font appel à des observations et des mensurations inhabituelles - qui diffèrent de celles qui ont été citées précédemment. Il arrive que l'on se rende compte de l'intérêt qu'il y aurait de les utiliser plus largement. Bien entendu, le faire est souvent une question de temps et donc de moyens humains et matériels. A. LASSOUDIÈRE estime que le rejet successeur devrait être mesuré dès qu'il a été sélectionné et donc bien avant la récolte du « pied-mère ». De même, les sorties de feuilles devraient être notées systématiquement ainsi que leur durée d'existence. Il préconise donc une révision des systèmes d'observations dans les essais agronomiques. Ces suggestions sont à retenir et du moins, selon les buts des essais en champ, doit-on les mettre en usage à chaque fois que cela est possible.

Les observations de sortie des cigares foliaires ont été largement utilisées dans quelques études exposées plus loin. Il est possible de déduire des résultats obtenus une méthode pour reconnaître la normalité de la croissance dans une bananeraie, mais cela n'a pas encore été réalisé.

Les moyens d'estimer le potentiel radical (ensemble des racines primaires) n'ont pas sensiblement évolué depuis les travaux de M. BEUGNON, D. SIOUSSARAM, A. LASSOUDIÈRE, Ph. MARTIN, J. CHAMPION. Ils consistent à extraire par niveaux successifs dans des fosses placées entre quatre bananiers, à classer, dénombrer et observer l'état sanitaire de toutes les racines. Il faut avouer que l'étude de l'état des racines dans une bananeraie prend beaucoup de temps, deux ou trois jours seraient nécessaires pour se faire une idée correcte de la situation. Mais elle aurait l'avantage de tenir compte de tous les facteurs, y compris ceux qui

sont dus au sol : compaction, asphyxie par exemple. Par contre, la méthode d'observation derrière vitres (A. LASSOUDIÈRE) n'est évidemment adaptée qu'aux expérimentations localisées et de longue durée. Le même chercheur a tenté d'utiliser diverses sondes à prélèvement, mais les racines tendres du bananier ne se coupent pas nettement, mais sont arrachées.

Sans revenir sur les observations aux phases végétatives, on peut rappeler que certaines d'entre elles, la circonférence du pseudo-tronc en particulier (P. LOSSOIS), peuvent être un critère de prévision de récolte puisqu'en corrélation avec les poids des régimes produits.

L'évolution des fruits à partir de l'émission de l'inflorescence jusqu'à l'approche du stade de récolte n'a pu être précisée que par des milliers de mensurations. Il est difficile de disposer du personnel nécessaire et les études entreprises ont été souvent dispersées, ou incomplètes. Elles ont cependant été très précieuses et permettraient - a posteriori - de définir une méthode commune, et de déterminer les mesures les plus représentatives. Plusieurs voies ont été suivies pour étudier cette évolution : suivre soigneusement des plantes choisies dans une population homogène et ayant donné des inflorescences à la même date (un à trois jours), puis portant un même nombre de mains et si possible un même nombre de doigts ; mesurer à un rythme rapproché les dimensions des doigts représentatifs. Un autre moyen consiste à mesurer en même temps des inflorescences d'âges différents, connus, ce qui élimine dans une certaine mesure le facteur climatique, lorsque cette opération est répétée régulièrement au cours de l'année. A. LASSOUDIÈRE, J.P. MEYER, J. GANRY et B. MOREAU ont contribué à enrichir les connaissances dans ce domaine. J.P. MEYER a trouvé une relation intéressante entre le poids d'une banane représentative et le poids du régime, ce qui permettrait d'évaluer des rendements sans avoir à procéder à des pesées individuelles de régimes.

Les recherches réalisées sur les effets des facteurs thermiques, hydriques, nutritionnels, font appel à des techniques plus ou moins complexes, et le lecteur se reportera aux publications de P. MARTIN-PRÉVEL, J. GANRY, J.P. MEYER, A. LASSOUDIÈRE pour juger de l'imagination et de la rigueur dont ont fait preuve ces chercheurs dans leurs domaines respectifs. Le bananier est en effet une plante de grandes dimensions et qui de plus présente une vie continue par son rejets, ce qui n'est pas sans poser de problèmes pratiques aux expérimentateurs.

ÉTUDES DE L'ÉTAT SANITAIRE DES BANANIERES

Les méthodes d'observation des atteintes de *Cercosporiose* sur les feuilles de bananier sont nombreuses de par le monde. Cela reflète bien la difficulté de rendre compte de

phénomènes difficiles à traduire en chiffres, et pour lesquels les observateurs apportent personnellement une variabilité non contrôlable. Des chercheurs comme J. GANRY et J.P. MEYER (Fruits, 1973, p. 671) se sont efforcés de se rapprocher de la réalité par des systèmes plus complexes en distinguant bien les aspects statiques et dynamiques. «La méthode de l'état d'évolution, traduisant la vitesse d'apparition des divers stades de la maladie, permet de détecter très tôt le déclenchement d'une atteinte et donc de prévoir un traitement qui pourra être effectué à temps» («L'état d'évolution tient compte surtout de la présence et de la vitesse d'évolution de jeunes stades définis par J. BRUN»), tandis que «le niveau d'infestation se réfère plus au nombre de stades et à leur degré de maturité au moment de l'observation, et ce sur l'ensemble des dix dernières feuilles», cette dernière méthode «permet de contrôler l'efficacité des traitements antérieurs et d'apprécier le niveau général de la maladie dans une parcelle ou une zone».

Pour les études d'efficacité de produits, Ph. MELIN utilise l'indice sanitaire moyen (pourcentage de feuillage sain) sur les feuilles VI - VII - VIII, rappelons que la I est la dernière sortie) ce qui est déjà adapté au fait que l'état sanitaire est fortement amélioré.

Dans d'autres circonstances, P. FROSSARD utilise la méthode du Dr STOVER, que le spécialiste américain proposait sur le plan international : elle permet une estimation rapide de l'état sanitaire, basé sur le rang moyen de la plus jeune feuille nécrosée.

P. FROSSARD dès 1972 étudiait l'ensemble des méthodes existant et insistait bien sur le fait qu'elles répondaient à des objectifs très différents. La difficulté est bien qu'elles doivent être simultanément «simples, fidèles, rapides et représentatives». Il apparaît bien que les méthodes étudiées par J.P. MEYER et J. GANRY, et mises d'ailleurs à l'épreuve de la pratique aux Antilles, sont susceptibles d'être simplifiées, les auteurs considérant d'ailleurs qu'elles sont applicables par des techniciens bien formés.

Finalement, la nécessité apparaît de définir les méthodes répondant aux objectifs précis : état sanitaire sur grande surface, état sanitaire précis au niveau de la plante individuelle ou petite parcelle, vitesse d'évolution de la maladie; méthodes qui pourraient faire l'objet de consultations entre experts, puis éventuellement devenir internationales.

L'exemple de l'évaluation de la gravité de la Cercosporiose est assez caractéristique : les méthodes ont été étudiées par de nombreux spécialistes et certaines se révèlent plus aptes que d'autres à répondre aux besoins des praticiens de la lutte contre la maladie, pour la prévision, l'exécution et le contrôle des traitements.

L'évaluation des populations de nématodes endoparasites des racines de bananiers est un sujet toujours très discuté. La méthode de comptage mise au point par A. VILARDEBO et ses collaborateurs depuis des années semble être la «moins mauvaise» possible. Malgré l'échantillonnage qui

consiste à prélever sur 20 à 30 bananiers une fraction de leurs racines sur un même volume de terre, il est incontestable que l'on observe de très fortes variations, dans le temps, sur de mêmes parcelles (par exemple à un mois d'intervalle) tout aussi difficilement explicables que les différences considérables entre parcelles portant les répétitions d'un même traitement. Mais il est douteux que malgré les vœux de P. LOSSOIS on obtienne une méthode à la fois plus efficace et fiable, à cause des difficultés d'un échantillonnage représentatif ; les racines d'un bananier sont inégalement réparties dans l'espace, sont d'âges variés et l'infestation a toutes chances d'être irrégulière. Mais dans l'ensemble, en considérant les nombreuses publications faites à l'IRFA, les comptages en séries reflètent assez bien la situation sanitaire obtenue par des types d'applications différents et s'ordonnent logiquement. Dans la pratique, les ordres de grandeur des infestations (ou même des seuils) suffisent pour décider de l'opportunité de traiter ou non, et là également, d'une méthode expérimentale on est passé à une méthode de diagnostic, d'avertissement et de contrôle des traitements.

La situation est plus facile en ce qui concerne les dommages des charançons ; la méthode préconisée par A. VILARDEBO (coefficient d'infestation) est simplement une évaluation visuelle des dommages ; à l'origine critère pour suivre l'évaluation des infestations dans les expérimentations en champ, la méthode est simplifiée (proportion des bulbes complètement sains dans un échantillon représentatif de la population des bananiers) et peut servir de moyen de diagnostic de la situation de bananeraies d'une région. On ne se réfère plus à une évolution de la population des insectes adultes par le piégeage, méthode qui a eu autrefois une large utilisation, mais dont les résultats sont fortement influencés par les conditions ambiantes, climatiques en particulier. Récemment là encore B. MOREAU a vérifié que le décorticage était plus représentatif de la situation, mais il pense que dans les plantations artisanales, le piégeage est plus facile à faire pour les paysans que le décorticage.

NUTRITION DU BANANIER

Les recherches réalisées portent d'une part sur le sol qui doit permettre la bonne croissance des racines et leur existence normale, mais également fournir, grâce aux améliorations et aux apports, l'eau et les éléments nécessaires, d'autre part sur la plante qui pour son développement optimal doit disposer des éléments minéraux nécessaires en quantités équilibrées.

J. GODEFROY a bien distingué au cours de cette réunion les différentes interventions de l'agro-pédologue, tout d'abord dans la définition de l'aptitude culturale d'un sol à porter des bananeraies. Les données climatologiques et topographiques ayant été préalablement considérées comme favorables, la base du diagnostic est l'étude du profil culturel (méthode S. HENIN) et les analyses des

EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE

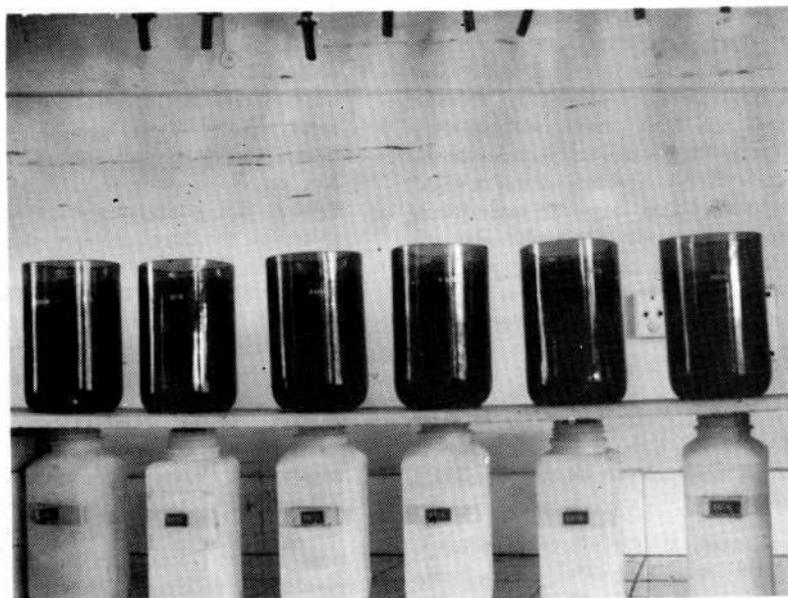


Photo 1. Laboratoire d'agro-pédologie à Azaguié (Côte d'Ivoire).
Etudes *in vitro* en lysimètres.

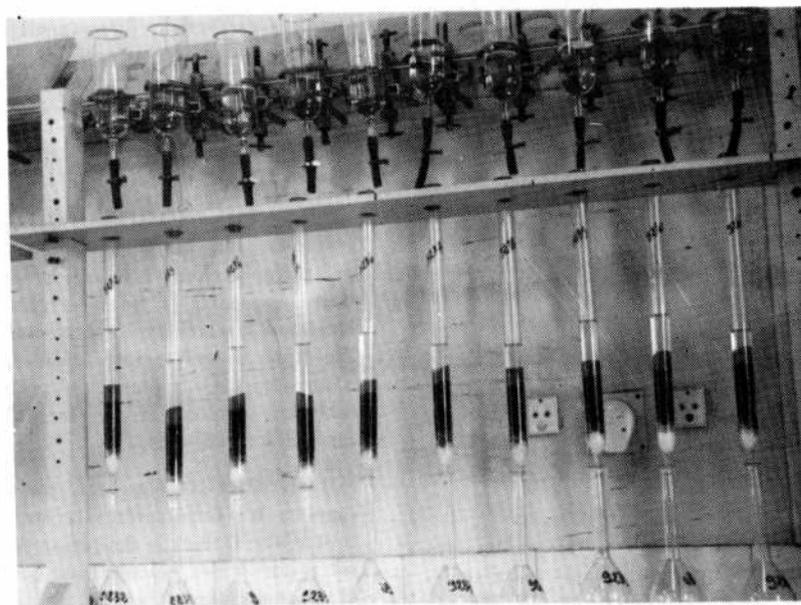


Photo 2. Laboratoire d'agro-pédologie. Extraction de cations échangeables.



Photo 3. Étude de la lixiviation en bananeraie. Vue générale de la case de drainage.

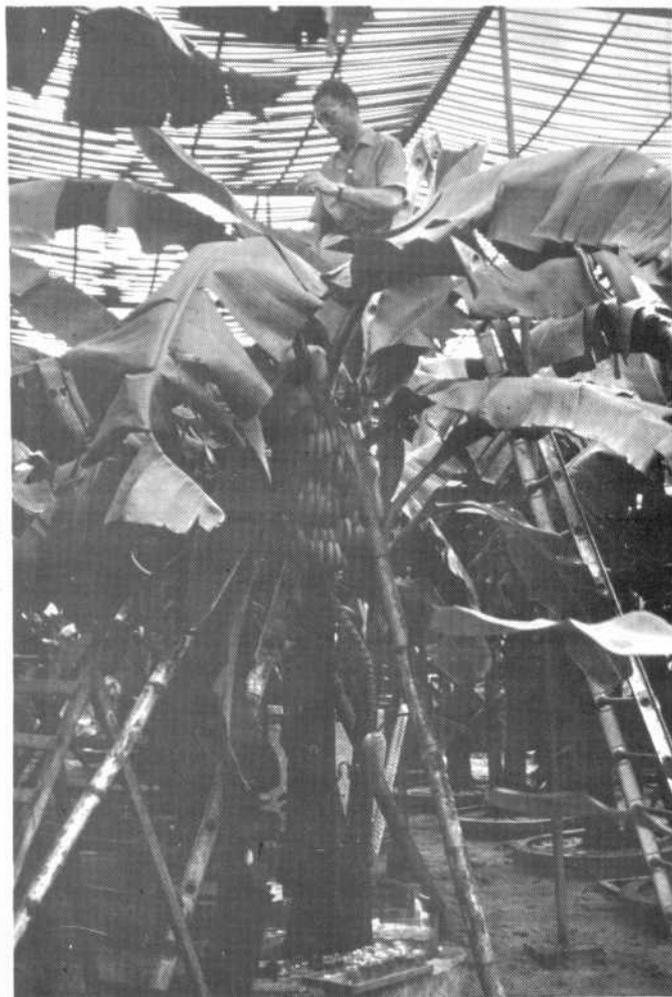


Photo 4. Expérience sur les effets ombrage et potassium. Physiologie (Azaguié).

EXPÉRIMENTATION AU CHAMP

caractères physiques et chimiques. On peut « se prononcer avec un très faible risque d'erreur sur l'aptitude d'un sol à porter une bananeraie ».

Les méthodes d'expérimentation utilisées par J. GODEFROY sont citées plus loin. Il est intéressant de noter que certains travaux sur la lixiviation en particulier permettent de prévoir, pour une écologie donnée, les périodes critiques où le sol est dépourvu de tel ou tel élément. La conclusion la plus importante est que pour maintenir le potentiel de fertilité d'un sol, les analyses périodiques annuelles par exemple sont le moyen de diagnostic le plus efficace. Il est intéressant de citer quelques réflexions de J. GODEFROY à ce sujet :

Conseils de fertilisation la culture étant en place.

Il faut bien préciser que si les mêmes techniques d'analyses peuvent être utilisées pour toutes les cultures, l'interprétation des résultats sera très souvent différente suivant les cultures. Ainsi le niveau critique en K, c'est-à-dire la teneur en K du sol au-dessus de laquelle il n'y aura pas de réponse de la plante à la fumure potassique ne sera pas le même pour l'ananas et le bananier que pour le mangouier ou l'anacardier. Autre exemple un sol riche en calcium pour l'ananas pourra être un sol pauvre en calcium pour le bananier.

Ces deux exemples montrent que les essais agronomiques constituent la base indispensable au pédologue pour interpréter les analyses. Pour déterminer les niveaux critiques le pédologue doit pouvoir se référer à des données agronomiques tels que la croissance, la productivité et aussi la rentabilité. Fréquemment les essais de fertilisation apportent au pédologue peu d'informations, car les agronomes omettent de préciser dans leurs publications sur quel type de sol a été réalisée l'étude et quels étaient les niveaux dans le sol des divers éléments fertilisants.

Une autre méthode, celle des enquêtes, consiste à analyser les bons et les mauvais carrés dans une même plantation ou les bonnes et mauvaises plantations dans une région donnée et ensuite à rechercher s'il y a des relations entre certaines caractéristiques chimiques du sol et la productivité. Enfin une troisième méthode à laquelle a recours le pédologue est l'utilisation des données bibliographiques.

Avec quel degré de précision peut-on, pour le bananier, donner une interprétation des analyses ?

Deux cas ne posent aucun problème ce sont celui des sols riches en tous les éléments, ex. sols volcaniques du Cameroun, et celui des sols pauvres en tous les éléments, ex. majorité des sols de Côte d'Ivoire à leur mise en culture.

L'interprétation est plus délicate quand un élément, particulièrement un cation, est nettement en excès par rapport aux autres car là interviennent des phénomènes d'interaction au niveau de l'absorption par la plante qu'il est difficile de prévoir si l'on ne peut pas se référer à des expériences agronomiques.

Un autre cas délicat est celui des sols pauvres mais enrichis par la fertilisation (majorité des bananeraies de Côte d'Ivoire) car dans ces sols les variations saisonnières des éléments sont très importantes principalement en fonction de la lixiviation. Dans ce cas seules des études pédologiques approfondies telles que celles que nous allons aborder dans le paragraphe suivant permettent de faire des interprétations valables.

Un point très important et évident mais qui mérite toutefois d'être souligné est que les conclusions que l'on pourra tirer d'une analyse ne seront valables que si l'échantillon a été prélevé correctement, c'est-à-dire s'il est bien représentatif du carré ou de la plantation étudiée. En règle générale l'hétérogénéité est plus élevée dans l'horizon de surface que dans les horizons de profondeur et l'hétérogénéité est également plus forte dans les parcelles fertilisées que dans les non fertilisées.

Notre expérience de la culture bananière nous permet, dans les sols minéraux, d'interpréter avec une bonne précision les analyses pour trois éléments au moins.

- le phosphore, le calcium et le magnésium.

L'interprétation du potassium est plus délicate compte tenu des apports fréquents d'engrais (couramment 8 à 10 épandages par an dans les bananeraies de Côte d'Ivoire), de la localisation des apports donc la très forte hétérogénéité du sol, et enfin la rapidité de la lixiviation en saison pluvieuse.

Les analyses d'azote organique fournissent relativement peu d'informations sur les disponibilités en azote minéral du sol et celui-ci (NO₃ principalement) est trop fluctuant pour pouvoir en donner une interprétation valable à moins de faire des analyses au minimum mensuelles.

L'expérience menée à Azaguié depuis trois années consistant à déterminer annuellement le programme de la fertilisation phosphatée et calco-magnésienne pour chacun des carrés de la plantation en fonction des analyses a donné de très bons résultats et a permis de réaliser des économies très importantes.

L'autre base du diagnostic nutritionnel est l'analyse d'organes, qui devrait permettre d'avoir une image précise et réelle de l'état des plantes au moment où elles subissent les prélèvements. Le problème pourrait paraître simple et il est en réalité très complexe, les nombreux travaux et publications faites à l'IRFA en font foi, ainsi d'ailleurs que ceux et celles faits à l'étranger. Les difficultés proviennent de la plante elle-même qui est extrêmement sensible aux variations du milieu ambiant, ce qui oblige à procéder aux échantillonnages dans des conditions comparables et définies. Par ailleurs, les méthodes pour cet échantillonnage ont évolué au fur et à mesure du progrès des connaissances, et dans un prochain numéro, on présentera les récents résultats d'un colloque tenu sur ces problèmes et auquel P. MARTIN-PRÉVEL a pris une grande part.

Le diagnostic par analyses d'organes a été utilisé depuis

des années en bananeraies d'exploitation et a donc, comme dans les exemples précédents, été transposé de ce qu'il était préalablement : un outil d'expérimentation.

Il est regrettable qu'il ait été rarement possible, sauf dans quelques séries d'enquêtes, d'apporter systématiquement les analyses sol et plante, quoique cet objectif ait été visé. On espère cependant y parvenir dans certains pays, malgré la diversité des situations écologiques. On ne s'étendra pas davantage sur ces questions, qui doivent donc faire l'objet de publications dans peu de temps.

En conclusion, il faut retenir qu'assez fréquemment des méthodes de travail mises au point par les chercheurs pour suivre leurs expérimentations **peuvent** devenir des moyens de diagnostic utilisables d'une façon beaucoup plus large en vue de connaître la situation des bananeraies. Pour parvenir à ce résultat, une simplification est généralement indispensable. Il faut aussi être conscient que toute technique expérimentale ne peut devenir fiable comme outil de diagnose et que c'est à l'examen critique de s'exercer à ce sujet, et de déceler ce qui répond à des conditions d'utilisation à une échelle différente.

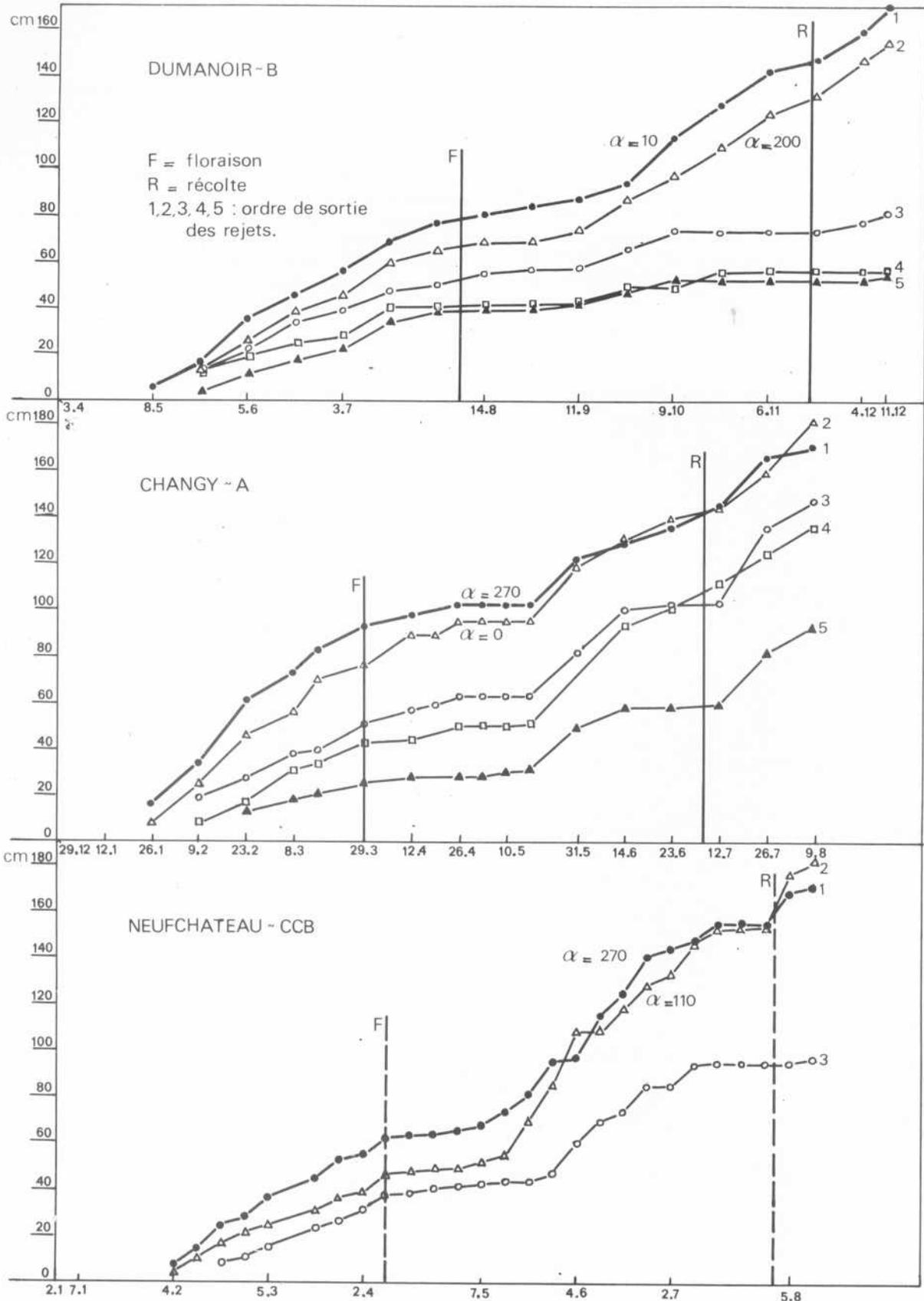


Figure 8 • ESSAI GU.NEU.78.EXT.81, EXEMPLE DE COURBES DE CROISSANCE DES REJETS.

RÉSULTATS OBTENUS ET PROGRÈS EN COURS

ÉTUDES DU BANANIER ET DES FRUITS

ÉTUDES DES VARIÉTÉS

Le fait que les études portent principalement sur les cultivars à fruits exportables, et éventuellement sur quelques autres du sous-groupe plantain, aurait pu avoir de graves inconvénients. On a tenu cependant à conserver des collections plus étoffées, bien que leur entretien soit onéreux, comme ressource pour des sélections qui pourraient devenir intéressantes. La situation actuelle démontre que cette précaution, que certains agronomes confondaient avec un conservatisme, était utile.

Les collections de l'IRFA se situent en Côte d'Ivoire (Azaguié), Cameroun (Nyombé et Ekona), Madagascar (Ivoloina), Réunion (Bassin-Martin). Elles sont évidemment partielles : aucune collection dans le monde ne peut d'ailleurs prétendre approcher, et de loin, la totalité des variétés de bananiers. Il faut ajouter que les introductions nouvelles ont été fortement ralenties, sinon supprimées, en raison des dangers d'introductions de parasites - au sens large - et elles ne pourraient être reprises que dans le cas de la création de serres de quarantaine, dans le cadre du GERDAT (Montpellier).

Les problèmes variétaux qui se présentent actuellement se situent comme suit :

- sélection des cultivars de plantains les plus adaptés aux usages culinaires africains traditionnels et présentant des qualités de haute productivité ;
- recherche des cultivars de remplacement, hors du sous-groupe plantain, mais ayant également des qualités sur le plan culinaire ;
- amélioration de l'adaptation des variétés de bananes douces (en général du sous-groupe Cavendish) en fonction des écologies, à l'exportation lointaine ou au commerce intérieur dans les États.
- étude des résistances des cultivars aux principaux prédateurs et parasites, ce qui a une importance considérable aussi bien pour la sélection en vue de productions auto-

consommées peu onéreuses que pour celles visant à des usages industriels (fabrication de produits de transformation pour l'alimentation humaine ou animale).

Avant de traiter de ces divers thèmes d'études, il est bon de préciser les raisons pour lesquelles l'IRFA n'a jamais eu de programme d'hybridation ; la principale est certainement que des opérations telles que celles poursuivies aux Caraïbes et au Honduras (Station de Bodles en Jamaïque et Centre de Recherches de Tela au Honduras) sont extrêmement onéreuses en regard des résultats obtenus jusqu'ici. Des tétraploïdes *acuminata* ont été obtenus, avec beaucoup des caractères recherchés (taille moyenne, résistances à la fusariose, à la maladie de Sigatoka, etc.), mais sans toutefois pouvoir remplacer d'abord le cv 'Gros Michel' puis son substitut 'Poyo-Valery'. L'IRFA aurait certainement entrepris des recherches si cet Institut n'avait oeuvré presque toujours dans des zones de culture de 'Cavendish' ; ce sous-groupe est réputé tout à fait stérile, ne présentant même pas cette production minime mais réelle d'œufs triploïdes. Aussi l'IRFA s'est-il limité à suivre l'avancement des études de génétique, les résultats étrangers de croisements, et également les nouvelles techniques de mutagenèse et autres qui pourraient ouvrir des voies d'amélioration moins aléatoires.

PROBLÈMES DES PLANTAINS

Actuellement, et d'une manière générale, le commerce de ces bananes à cuire est insuffisant pour fournir régulièrement les centres urbains, plus particulièrement en Afrique. Ce peut être une difficulté dans le circuit commercial : moyens de communication, de transport ; manque de revenu suffisant pour le paysan ; dégradation des cultures etc. Bien que les consommateurs puissent changer dans une certaine mesure d'habitudes et se portent vers des aliments plus rapidement préparés (riz par exemple) ou tout prêts (pain), la banane plantain garde un attrait particulier.

Parmi les pays de zone forestière, les seuls intéressés, le



Photo 5. Le cultivar 'Giant Cavendish', du sous-groupe «Cavendish» a un potentiel particulièrement élevé avec 'Grande Naine'.



Photo 6. 'N'Jock Corn' est un French plantain nain également très productif, étudié à Nyombé (Cameroun).

problème d'augmenter les productions s'est posé particulièrement au sud et au centre du Cameroun (zone de Yaoundé), au Gabon (villes côtières et chantiers miniers, industriels, forestiers, ferroviaires).

On examinera plus loin quels devraient être les systèmes de culture à imaginer, pour remplacer ceux qui, classiques, ne répondent plus aux conditions actuelles (aussi bien pédologiques, biologiques, qu'économiques). Mais fréquemment, les responsables ont pensé que les recherches génétiques pouvaient apporter une solution. Qu'en est-il ?

Dans ce sous-groupe, les variétés sont visiblement issues de mutations qui peuvent être ou non combinées et qui portent sur plusieurs caractères : taille des organes, pigmentations, formes des fruits. On constate également, en plus, une dégradation plus ou moins prononcée de la production de glomérules floraux. Les travaux à l'étranger de J. MULLER, E. DE LANGHE ont, entre autres, fait un bilan des cultivars de la cuvette centrale congolaise, et on sait par nos collections (GUILLEMOT) qu'il pourrait être complété. Il n'existe pas, ou bien il n'a pas été décelé la variété «origine» du sous-groupe, laquelle seule pourrait, éventuellement, voir des caractéristiques génétiques et une biologie florale propices à des tentatives d'hybridations avec les espèces A et (ou) B.

- Le choix parmi les cultivars du sous-groupe plantains.

Les essais agronomiques au Cameroun (Station de Nyombé) ont été réalisés sur 'French plantain vert sombre' qui est le plus apprécié dans la province du Mungo. Un autre plantain, de taille moyenne, du même sous-groupe, fait objet aussi d'expérimentations car on estime qu'il doit être très productif. Son défaut est une insuffisance de rejetonnage (en réalité, il n'existe pas d'inhibitions entre les ramifications latérales et tous les rejetons grandissent, mais très lentement). Il s'agit du 'N'Jock Corn'.

Les essais en Côte d'Ivoire portent sur le type commun de 'Corne', d'ailleurs le plus cultivé.

Au sein des collections du sous-groupe, on n'a pas discerné de cultivar présentant visiblement des avantages en rendement. Il faut cependant signaler qu'on ne dispose pas des critères relatifs aux qualités organoleptiques correspondant aux diverses catégories de préparations culinaires.

- Les possibilités d'autres cultivars.

Elles existent, mais variablement selon les régions, et justement selon le degré des exigences des consommateurs. Au Cameroun et au Gabon par exemple, en milieux urbains, la gamme des variétés paraît plus étalée. Certains cultivars du groupe ABB ('Monthan' par exemple) ou même AAB ('Popoulou') ont des fruits qui seraient utilisables, ce qui doit encore être confirmé en divers lieux. Par contre, les bananes ABB telles que 'Bluggoe' ou similaires ne sont pas appréciées.

Également, ces possibilités sont liées à des critères organoleptiques (sous diverses préparations) et à des critères

physiques et éventuellement chimiques de stades définis de maturité.

VARIÉTÉS DE BANANES DOUCES

Pour la consommation locale, le problème est assez rarement posé en zone humide (forestière) de trouver des cultivars de bananes douces qui remplacent celles qui existent et qui peuvent être fortement atteintes par des insectes et maladies. Mais il faut se souvenir qu'en Afrique intertropicale on rencontre très abondamment des cultivars très rustiques de grande taille, à fruits doux, pas très savoureux ('atora' du Gabon, 'focona' du Cameroun, 'dounié' de Côte d'Ivoire). Aux Antilles, l'introduction d'un type 'Yangambi km 5' n'a pas été suivie de grand succès, son fruit ne valant pas en saveur celui des «Cavendish» ou de la 'Figue sucrée' mais il est cependant intéressant comme cultivar à but «technologique» pour transformation en «croustilles» et également, sur le plan agronomique, comme barrages aux embruns en bordure de côte. De plus il n'est pas sensible au Cercospora. Il est cultivé en touffe semi-libre.

Par contre, en zone sèche, les pays qui importent des bananes tentent de développer leurs propres productions pour leur consommation intérieure. D'une manière générale, le problème est de choisir une variété de hauteur assez faible pour éviter les dommages catastrophiques dus aux coups de vent d'orages, mais aussi assez élevée pour éviter les engorgements dus aux périodes fraîches (fin d'année) et ensuite très sèches. Il semble que la solution soit de choisir des variétés du sous-groupe Cavendish de hauteur moyenne, c'est-à-dire 'Grande Naine', 'Americani' 'Giant Cavendish'. Ce sont des cultivars de haut rendement, qui sont plus résistants aux coups de vent que 'Poyo' et cultivars analogues.

S'agissant des variétés dont les fruits sont exportés à longue distance, la situation est la suivante :

Au Cameroun, à la Station de Nyombé, G. PLAUD et Ph. MELIN préconisent le cultivar 'Grande Naine' en condition irriguée, les rendements étant nettement supérieurs à ceux des cultivars de plus grande hauteur ; en secteurs non irrigables, on préfère 'Americani' (voisin de 'Giant Cavendish') à 'Poyo' qui est plus sensible aux vents. Ph. MARTIN, qui collabore actuellement aux réalisations de l'Office camerounais de la Banane (O.C.B.), a pu calculer sur des quantités importantes de bananiers (plus de 67.000 par variété), en conditions normales de grande culture, que 'Grande Naine' produit 25 p. cent de régimes de plus que 'Poyo'. Sur une période de quatre ans (à partir de la mise en terre de plants de valeur plutôt moyenne à faible), 'Grande Naine' a produit 3,87 régimes et 'Poyo' 3,13. Les causes de cette différence sont les chutes par vents (plus du double pour 'Poyo') et également, selon Ph. MARTIN, un cycle un peu plus court de 'Grande Naine'.

En Côte d'Ivoire, les autorités ont pris la décision depuis une dizaine d'années de n'admettre que le seul cultivar 'Poyo' pour l'exportation. Cette position a l'avantage d'éviter des mélanges variétaux dans les plantations et

d'obtenir une production théoriquement homogène, mais l'inconvénient de ne pas s'adapter aux conditions écologiques des diverses zones. Sur la Station d'Azaguié, J. GUILLEMET indique que 'Americani' a des performances supérieures à 'Poyo' dans de bonnes conditions de culture, mais que c'est l'inverse par exemple sur coteaux graveleux (cas de nombreuses parcelles à Azaguié). B. MOREAU a rappelé que, sur la côte est de Madagascar (région de Tamatave), le cultivar 'Americani' (d'ailleurs sélectionné dans cette région, l'origine de la dénomination étant inconnue) ne convenait qu'à la culture intensive, les variétés plus grandes étant moins productives mais aussi moins sensibles aux engorgements.

Aux Antilles, peu de changements entre les répartitions anciennées de 'Grande Naine', 'Poyo', la sélection 901 de 'Giant cavendish' ayant légèrement progressé en Guadeloupe. La répartition entre 'Poyo' et 'Grande Naine' est à peu près égale en Martinique, alors qu'en Guadeloupe les bananeraies sont composées à 90 p. cent de 'Poyo' avec une nette tendance, en zone de moyenne altitude mécanisable, au développement de la 'Grande Naine' au détriment

de 'Poyo'.

On peut synthétiser comme suit la position technique de l'IRFA : les dimensions et les formes des fruits sont meilleures, selon les normes actuelles de commercialisation (fortement influencées par les conceptions des sociétés multinationales américaines), pour les variétés de grande taille ; si le cultivar 'Lacatan' n'était pas aussi peu productif, il aurait été retenu et, en réalité, le 'Poyo', l'a été du fait d'une productivité correcte. Lorsque le nanisme s'accroît, le rendement est augmenté du simple fait que les densités de plantation peuvent être accrues et que souvent les durées des cycles sont réduites. Cette variation est encore exacte pour le bananier 'Nain', mais seulement lorsqu'il se trouve dans des conditions écologiques favorables (Canaries, Brésil).

Les types moyens : 'Giant cavendish', 'Grande Naine' apparaissent comme les plus hautement productifs, à la condition que le climat (pluviosité trop abondante ou sécheresse) ne puisse provoquer l'engorgement (période de faible croissance foliaire ou florale).

ÉTUDE DE LA CROISSANCE ET DU DÉVELOPPEMENT

Elle se fait en condition particulière dans la mesure où le végétal est conduit généralement, comme dans une exploitation de production, en éliminant tous les rejets successeurs à l'exception d'un seul. Il est important de s'en souvenir.

Par contre, les dimensions de la plante rendent difficiles le contrôle des paramètres climatiques. On est donc conduit le plus fréquemment à travailler avec des observations précises de l'ambiance, en modifiant éventuellement un des facteurs (alimentation en eau, température, insolation).

Comme cela a été expliqué, cette sorte de recherches peut rarement être programmée rigoureusement et elle est réalisée occasionnellement lorsqu'un thème présente un intérêt pratique probable. C'est ainsi que les études des racines étaient liées à leur parasitisme, les études de croissance et de développement végétatif étaient nécessaires pour établir des critères de rendement, les observations sur inflorescences et fruits étaient en relation avec des problèmes de normes d'exportation, de prévision de récolte, etc. Cependant, progressivement, on améliore la connaissance générale de la plante, en rassemblant les pièces d'un puzzle encore très incomplet.

LA CROISSANCE FOLIAIRE

On a dit précédemment que l'on observait déjà dans certains essais les intervalles entre les déroulements des feuilles successives. J. DUMAS, P. MARTIN-PRÉVEL, B. MOREAU, J. CHAMPION et d'autres ont tiré des ensei-

gnements intéressants de ces simples données : tentatives de distinguer des phases de développement, évaluation des effets des variations saisonnières de température, de sécheresse, etc.

L'idée de mesurer la croissance par l'allongement du cigare foliaire est ancienne (TRELEASE) et a été reprise par J.M. CHARPENTIER et A. LASSOUDIÈRE. Dans un premier travail publié en 1971 (Fruits, n°6) ils donnèrent des valeurs de croissance journalière, des vitesses horaires diurnes et nocturnes. Le fait que la croissance de jour était supérieure à celle de nuit jusqu'à la 8e ou 9e feuille et que cela s'inversait ensuite, fut vérifié par M. BEUGNON et B. MOREAU à Madagascar, or il est possible (J. GANRY) que cela ne soit pas une limite entre phases mais une variation normale de l'effet des températures, due à l'écran croissant des gaines foliaires. La vitesse journalière moyenne en phase d'ascension était de l'ordre de 16-18 cm/jour pour le cultivar 'Poyo'. Les auteurs présentaient les effets des paramètres température, déficit hydrique, condition asphyxique. Cependant, ce critère de vitesse ne fut pas utilisé - par exemple pour juger de la réponse « instantanée » à un apport azoté - et ne fut repris que lorsque J. GANRY aborda l'étude du facteur température (Fruits, 1973, n°7-8). Ce chercheur a insisté sur le fait que la courbe de croissance de la feuille semblait être « la résultante de la courbe de croissance du limbe et de la courbe de croissance de la gaine foliaire », « cette superposition expliquant l'allure sigmoïde imparfaite de cette courbe ». Naturellement, la phase de croissance « limbe » est presque entièrement cachée, mais sa fin se combine avec le début de l'al-

longement de la gaine. Sans entrer à nouveau dans le détail des recherches de J. GANRY, qui porte avant tout sur l'action de la température sur le bananier, les données qui nous intéressent sont la relation entre la température moyenne (interne) du faux-tronc et la vitesse de développement des feuilles (Fruits, 1973, p. 514, figure 19) et on cite dans les conclusions :

« L'arrêt de développement se situe entre 9-10°C pour les basses températures et vers 38-40 °C pour les hautes températures. Toutes températures se situant en dehors de la gamme 10-40°C se manifestent par un arrêt irréversible du développement des feuilles en cours de croissance (mort cellulaire) », et plus loin : « l'optimum thermique se situe autour de 28°C ». L'auteur ajoutait que, vers cet optimum, d'autres paramètres s'expriment alors plus intensément.

Il faut naturellement savoir que la température interne est largement amortie, au centre du pseudo-tronc, par rapport aux températures de l'air ambiant. Les différences peuvent atteindre 6°C.

L'intérêt de ces données est évident : elles doivent servir à mieux connaître l'influence climatique sur le cycle végétatif du bananier, en particulier dans les pays à saison fraîche. B. MOREAU apporte un certain nombre d'indications sur le ralentissement dû à l'hiver austral à Tamatave. J. GANRY a étudié les gradients des températures internes dans le pseudo-tronc aussi bien dans le sens vertical que transversal. Il en a conclu qu'étant donné que les zones de croissance ne sont pas uniquement situées à la base et au centre de ce pseudo-tronc, on devrait utiliser la température qui agit au niveau d'élongation maximum, et finalement il est probablement possible de se baser sur une température externe bien choisie, sans trop d'erreur (calcul d'une vitesse de croissance à partir des températures sous abri, compte tenu de certains paramètres tels la taille de la plante et la densité de plantation).

Les travaux de J.M. CHARPENTIER et A. LASSOUDIÈRE utilisaient des données de croissance absolue. Nous avons pensé que l'on pourrait d'ailleurs en tirer une donnée caractéristique d'un cultivar : croissance maximale au plein de l'élongation de la gaine, J. GANRY a étudié une vitesse de « développement » qui est indépendante des valeurs initiales et finales de longueur de la feuille.

Il est probable que la longueur finale est d'une part influencée par celle de la feuille précédente et, d'autre part, par l'intensité lumineuse. Il serait intéressant d'étudier comment d'autres paramètres - nutrition hydrique, nutrition azotée - peuvent perturber la vitesse de croissance (brute) et la vitesse de « développement ».

De l'analyse des vitesses de croissance des feuilles, il apparaît possible d'aboutir à une méthode permettant de suivre le rythme de développement de la plante et d'en déterminer les stades critiques (sevrage, passage du stade végétatif au stade floral) (J. GANRY, Fruits, 1973).

CROISSANCE DE LA TIGE FLORALE ET DES DIVERSES PARTIES DE L'INFLORESCENCE

Les études de A. LASSOUDIÈRE en Côte d'Ivoire étaient justifiées par l'objectif de mieux régler la nutrition du bananier à l'époque critique de la formation et du grossissement de l'inflorescence au cours de la période de pré-émission, de celle de l'émission et de celle qui suit immédiatement. Il a été précisé (Fruits, 1972, n°1, p. 7) que la « montée » de la tige florale au centre du faux-tronc se produisait « en une quinzaine de jours ». Cela signifie que les premières phases de différenciation : apex pointu, apparition des crêtes, ébauches des futures mains, sont relativement lentes à évoluer en organes de dimensions importantes, bien que déjà, comme le montrait ALEXANDROWICZ le nombre des mains à caractère femelle soit rapidement déterminé. A. LASSOUDIÈRE a suivi l'ascension de l'inflorescence par une méthode consistant à placer diamétralement des tiges métalliques à des niveaux divers du faux-tronc ou à simplement faire des piqûres avec le même moyen. Il est à noter que l'accroissement journalier de la tige est de 13 à 17 cm par jour, ce qui rappelle des valeurs obtenues pour le système foliaire.

Il est intéressant de savoir que lorsque la tige florale est à 80 cm au-dessus du collet « la longueur du fruit (seconde main femelle) est de 5 mm » ; à ce moment, la feuille sortante sera nettement plus courte. A. LASSOUDIÈRE indique bien « que l'allongement des ovaires est important du 4e jour avant l'émission florale jusqu'au 4e jour après celle-ci » ; ils passeront de 35 à 95 mm environ de longueur, soit 7,5 mm/j d'accroissement ; avant, il était de 3 mm/j, et après (jusqu'au 46e jour) de 4 mm/j.

L'étude du grossissement du fruit en épaisseur montre également que, dans les mêmes journées encadrant l'émission florale (-4 / +4 jours), le rythme de croissance est intense (0,9 mm/j) alors qu'avant ou après il est du tiers environ de cette valeur.

A. LASSOUDIÈRE a confirmé par diverses études que, au cours de l'évolution des fruits à l'air libre, l'accroissement de longueur diminuait progressivement, alors que par contre l'épaisseur (grade) poursuivait assez régulièrement son accroissement (jusqu'à 122 jours).

Une étude en cours réalisée par le même chercheur porte sur l'évolution des dimensions et volume des fruits, leurs poids frais et leur teneur en eau, pour les deux parties pulpe et péricarpe. Bien que les résultats soient à confirmer par de nouvelles séries d'observations, il a observé que le poids de pulpe dépasse le poids de peau vers 70 jours quand il est mesuré frais, et à 42 jours quand on considère les poids secs, ce qui est dû naturellement à des teneurs en eau différentes ; pour le péricarpe, c'est à 40 jours que cette teneur est minimale. Dans la pulpe, la teneur en eau décroît jusqu'à 70 p. cent (74 j) pour augmenter ensuite légèrement jusqu'à la récolte. C'est vers 70 jours que le volume de peau est dépassé par celui de la pulpe, qui ira croissant jusqu'à près du double du volume de la peau au stade de la récolte.

**ETUDE DES EFFETS DE LA TEMPÉRATURE
SUR LA CROISSANCE
STATION DE NEUFCHATEAU (GUADELOUPE)**



Photo 7. Dispositif de chauffage de la base du pseudo-tronc permettant de créer des températures élevées (30-37°C) au niveau des zones de croissance.

Photo 8. Même dispositif, avec enceinte ouverte et thermocouples permettant la mesure des températures à plusieurs niveaux.

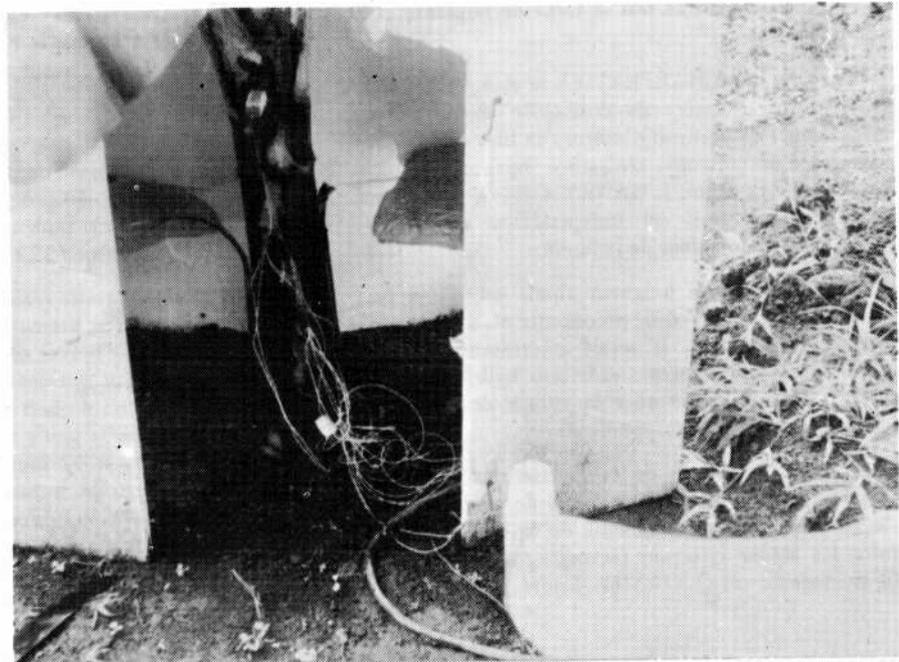


Photo 9. Résultat d'un traitement «hautes températures» (32-37°C au niveau des zones de croissance) pendant six semaines. Les limbes sont très étroits et déformés. Après traitement, ils redeviennent normaux.



10

Photo 10. Même traitement pendant six semaines. Remarquer les feuilles réduites au pétiole.

Photo 11. Même traitement.



11

A. LASSOUDIÈRE estime que la phase de division cellulaire pourrait se poursuivre deux à quatre semaines après l'émission extérieure de l'inflorescence, l'accroissement des cellules de la 4e à la 12e semaine. Ensuite débiterait la phase de maturation après dépassement du point maximum de teneur en eau.

Naturellement, on ne peut déduire de ces observations qu'une période est plus importante qu'une autre, en l'absence d'expérimentations précises qui seraient d'ailleurs assez difficiles. L'objectif est d'obtenir des régimes bien équilibrés dont les fruits aient les dimensions requises pour l'exportation, et qui évoluent correctement en grade pour toutes les mains.

Mais on peut présenter différentes hypothèses. La phase végétative préflorale (pré-différenciation) a une importance pour le nombre des mains femelles que portera l'inflorescence ; encore que les mécanismes hormonaux soient inconnus, on sait seulement par d'anciennes expériences (J.M. CHARPENTIER) que des suppressions de feuilles peuvent diminuer ce nombre de mains de même que des déficiences minérales passagères, mais accusées, (J.M. CHARPENTIER et P. MARTIN-PREVEL). La plante pourra-t-elle achever normalement l'évolution de ces bananes ? Il est probable que l'acquisition d'une bonne longueur dépend dans une grande mesure de la situation (température, nutrition) avant et après l'émission extérieure. Le grossissement des bananes, qui est prolongé dans le temps jusqu'à la récolte ou la maturation naturelle est davantage sous l'influence de la situation au cours de la période post-émission, que de la situation avant celle-ci.

L'une de nos tâches étant précisément de connaître et de réduire les anomalies, la connaissance des caractéristiques de l'évolution des fruits est indispensable. A. LASSOUDIÈRE a montré les différences qui existent entre quatre situations en Côte d'Ivoire (Fruits, 1974, n°9, p. 561) dans la structure des régimes. Il faut rappeler qu'un régime de bananes est un ensemble de glomérules ou mains montrant un gradient décroissant, de la première à la dernière différenciée, en nombre de fleurs et en dimensions des ovaires de celles-ci. Les deux premières mains, dans les variétés naines ou moyennes du groupe Cavendish, sont irrégulières, l'une ou l'autre étant plus développée (souvent la seconde). Mais, à partir de la troisième main et jusqu'à l'avant-dernière, le gradient est assez régulier ; il peut être plus ou moins intense, et on suppose que moins bonnes sont les conditions climatologiques, nutritionnelles, etc., plus les différences entre les mains extrêmes sont élevées. Une observation de A. LASSOUDIÈRE (même étude) est que l'écart de longueur des fruits de première et dernière mains est d'autant plus élevé que les fruits de la seconde mains sont longs. En général, et pour les quatre régions étudiées, les différences de grade entre les seconde et dernière mains sont de l'ordre de 2,06 à 4,59 mm. Mais en fait, en considérant la variation selon le nombre des mains (9 mains : 3,7 à 4,7), on dépasse la tolérance pour l'exportation qui est seulement de trois unités US (qui est le 32e de pouce, soit environ 0,8 mm).

Cette évolution du grade est une question importante sur le plan agricole, puisque des valeurs absolues doivent être atteintes pour que le producteur coupe les régimes et les prépare pour les expédier. On sait depuis très longtemps que l'accroissement du grade dépend pour une bonne part des conditions de température ambiante, d'où les travaux orientés de J. GANRY et J. MEYER aux Antilles qui constituent une suite normale de l'étude de l'influence de ce paramètre sur la croissance foliaire et le développement (Fruits, 1975, n°6). Le premier chercheur, en Guadeloupe, a utilisé des données couplées : accroissements moyens de diamètre - températures correspondantes (celles-ci comprises entre 16 et 31°C) et a montré que, dans cette gamme, l'ajustement linéaire était valable. Il en déduisait une relation entre l'accroissement hebdomadaire et la somme thermique correspondante (avec un seuil arbitraire de 14,5°C).

Les données correspondant aux températures les plus élevées n'étaient pas assez nombreuses pour que l'auteur puisse affirmer sans réserves que l'optimum thermique serait de 29-30°C (ralentissement). Il serait cependant logique que la loi de température présente un parallélisme de ses effets pour les feuilles et pour les fruits.

Dans la deuxième méthode d'analyse utilisée conjointement par J. MEYER et J. GANRY, «la croissance du fruit est considérée globalement depuis la floraison» jusqu'à la récolte «et ils ont admis» qu'il est possible d'assimiler à une droite la courbe de croissance du fruit en fonction de la somme thermique cumulée, les dissymétries d'évolution se compensant pendant toute la période de croissance». Les observations ont été faites en quatre sites de Martinique (dont un en altitude), en six sites de Guadeloupe (un en basse altitude, quatre en altitude moyenne, et un en altitude). Il était sélectionné dans de grandes parcelles des séries de bananiers fleurissant simultanément et ayant des nombres de mains identiques (et bien répartis) ainsi que des nombres de doigts proches. Les mesures des grades étaient généralement hebdomadaires. Tandis que la première méthode avait abouti à un coefficient thermique moyen de $8,1 \cdot 10^3$ mm/degé-heure, la seconde donne la valeur très voisine de $8,3 \cdot 10^3$ mm/degé-heure. On considère que ce sont des bases utilisables pour d'éventuelles prévisions de récolte. J. GANRY et J. MEYER ont confirmé que, dans certains cas étudiés, le facteur de déficit hydrique intervenait en ralentissant la croissance du fruit, ce qui devrait conduire à des études complémentaires.

Des observations similaires ont été entreprises à la Station d'Ivoina à Madagascar.

On sait que des techniques sont déjà en usage pour modifier, plus ou moins, l'évolution des régimes. Les unes consistent à couper la partie terminale de l'inflorescence, jugée inutile, les autres à enfermer le régime dans une gaine de polyéthylène.

Si la coupe du seul bourgeon mâle est généralement considérée comme bénéfique pour le poids du régime au stade de récolte, l'intérêt de l'ablation de la dernière et de l'avant-dernière mains est toujours discuté. J. MEYER a

procédé à de nombreuses observations, en Martinique, sur ces pratiques (Fruits, 1975, n°11). La comparaison est faite en deux situations écologiques, en Martinique, faible altitude et altitude moyenne (400 m), et porte sur la suppression de la fausse main (comportant un maximum de huit bananes), la suppression de la fausse-main et de celle qui précède, l'ablation de la fausse main et des deux précédentes. Cette opération est faite 21 jours après floraison ; à la récolte, les régimes sont découpés en mains, celles-ci en clusters selon les habitudes de travail, et sont classés selon la technique ordinaire des ouvriers d'une part, et selon les mesures de longueur, grade d'autre part, sans alors tenir compte de l'aspect ou de l'état des fruits. La conclusion de cette étude récemment publiée est, rappelons-le, que si l'élimination de la fausse main est toujours recommandable, la suppression des mains précédentes ne l'est généralement pas. Il faut donc se garder, sauf après une étude préliminaire tenant compte non seulement du lieu mais des saisons, de conseiller ces pratiques et surtout de procéder, comme cela s'est vu aux stations d'emballage, dans certains pays, à des éliminations systématiques des dernières mains.

L'usage de la protection des régimes sous gaine de polyéthylène est devenu très général, bien que cette technique soit assez coûteuse. La plupart des essais conduits antérieurement sur les stations de l'IRFA concluaient à un gain de temps dans l'évolution des régimes ; Ph. MELIN fait remarquer que les gaines trop minces favorisent les brûlures par insolation, surtout pour les régimes des bananiers de bordures de chemins. Les gaines plus épaisses (30 microns et plus) doivent nécessairement être colorées pour éviter des brûlures par effets localisés de «loupes». Des anciens essais (J. GUILLEMOT, Martinique) avaient montré que plusieurs pigments convenaient mais dans la pratique, ce sont les plus stables à la lumière qui sont utilisés. Par ailleurs, les essais de Ph. MELIN au Cameroun avaient montré que le gainage diminuait l'intensité de l'anomalie connue sous le nom de «pulpe jaune». On a constaté (Guadeloupe) que l'utilisation de gaines d'un bleu trop soutenu (variations dans les fabrications, épaisseur notamment - ou dans les marques commerciales : pigments) favorise un éclaircissement ou un pâlissement de la couleur de la peau des bananes qui n'est pas toujours favorable sur le plan commercial. D'autre part, l'United Brand au Panama utilise sur certaines de ses plantations des gaines de couleur «aluminium» ou gris métallisé pour éviter les brûlures dues au soleil en bordure de parcelles (R. MALLESSARD).

Il ne faut cependant pas oublier qu'initialement les Australiens recherchaient une protection des régimes contre les froids, et que divers auteurs ont constaté des effets positifs (J. ROBIN, à Tamatave). J. GANRY, dont on a précédemment cité les autres travaux sur les effets de la température, a fait une série d'observations en Guadeloupe (Neufchâteau, IRFA) (Fruits, 1975, n°12, p. 735) de septembre à décembre 1972, en comparant régimes gainés et non gainés. L'écart moyen de la température interne du fruit représentatif est de 0,49°C (moyenne journalière) ; ce gain de température varie au cours de la journée (pouvant être négatif - perte

d'énergie) et avec la durée d'insolation» et l'auteur précise bien que «la gaine de polyéthylène, dont l'effet de serre est négatif, procure néanmoins un gain thermique ... par simple réduction de la convection au niveau du fruit». Il estime que les études d'autres matériaux seraient à faire (avec précautions, car un effet de serre positif peut devenir rapidement préjudiciable aux bananes).

Les études sur les racines et leur croissance ont été ralenties ces dernières années, faute de moyens. On rappellera simplement qu'il est possible d'émettre une opinion, à la suite d'extraction des racines situées entre quatre bananiers limitant une fosse, d'un état de normalité ou non ; l'extraction a lieu par horizons pédologiques ou, s'ils ne sont pas apparents, par couches de sols : 0-10 cm, 10-40 cm, plus de 40 cm par exemple. On a obtenu en bacs de végétation des niveaux de 14 kg de racines primaires par plante adulte (Azaguié), ce qui n'a pas été observé en champ. Au stade de pré-émission florale, on estime que 6 kg de racines primaires reflètent une bonne situation. A Azaguié les observations de A. LASSOUDIÈRE sur la croissance, derrière vitres, avaient permis une approche de l'étude des effets de sécheresse et excès d'eau. D'autres séries, également réalisées de visu derrière vitres mises en place dans des tranchées ont été entreprises par le même chercheur, au Niéky, sur terres tourbeuses. Il a constaté que la saison sèche a peu d'influence sur les racines, de même que l'irrigation, sur des terres organiques bien drainées. Mais le problème qui retient son attention et qui lui semble primordial dans ce site est celui de l'émission des racines après la mise en terre du matériel végétal. Meilleure elle sera et meilleur sera le rendement ultérieur. A noter que la même constatation a été faite à Azaguié par M. BEUGNON (Fruits, n°7, 1966).

Les plantations de novembre-décembre sont généralement très médiocres - deux essais l'ont prouvé au Niéky car un système de racines insuffisamment développé supporte mal la sécheresse.

DÉVELOPPEMENT DU BANANIER DURANT PLUSIEURS CYCLES, DANS DIVERSES CONDITIONS ÉCOLOGIQUES

La nécessité de procéder à des études sur des durées qui soient égales à celles des plantations commerciales est évidente. En considérant, dans ce chapitre le devenir d'un individu dans sa succession végétative, on se souviendra que le fait de planter un bulbe de plante âgée ou jeune est par lui-même une condition tout à fait particulière.

Ce qu'il advient de ce matériel végétal a déjà posé dans le passé de nombreux problèmes dont certains ont été éclairés. On sait que le méristème doit atteindre rapidement le niveau du sol avant que les tissus sous-jacents prolifèrent en tige souterraine large et globuleuse s'il est placé trop profondément, il se forme de longs entre-noeuds et le bananier édifie un nouveau bulbe superficiel (J.M. CHARPENTIER). On sait également que le matériel végétal constitué non

seulement par un bulbe mais par une bonne partie du faux-tronc qui le surmonte présente un démarrage plus lent, mais plus vigoureux, des rejets latéraux.

De nombreuses observations ont montré que «le passé» de la souche avait une grande importance. Des symptômes identiques à ceux de la carence en calcium constatés sur des rejets issus de souches sont dus à des besoins accrus en cet élément par suite d'un état physiologique particulier (acidité) étudié par C. TEISSON, P. MARTIN-PRÉVEL, J.M. CHARPENTIER. Ce besoin est d'autant plus élevé que la souche plantée est d'un stade plus avancé. On fait la distinction entre les souches provenant de bananiers à la phase florale et celles qui viennent de plantes proches de la récolte ou venant d'être récoltées. B. MOREAU a montré que les reprises de jeunes bananeraies étaient gravement compromises, dans ce dernier cas (Tamatave).

Le fait que des souches prises après que les plantes aient terminé l'évolution de leur régime soient de mauvaise qualité est vraisemblablement lié à la diminution du potentiel de la plante que l'on constate souvent après trois ou quatre productions ou plus.

On peut naturellement émettre l'hypothèse que plus élevée est la «dégénérescence» dans une bananeraie (en réalité une perte de potentiel qui n'est certainement pas génétique mais peut être d'origine nutritionnelle, ou virale), moins le matériel végétal qui est obtenu au moment de la déplantation sera valable pour une nouvelle plantation. Et sachant que les matériels plus jeunes par rapport à la durée d'existence de la tige (rejets, souches de bananiers adultes non fleuris) donnent des reprises sans problèmes, il est évident que l'étude de l'évolution biochimique de cette tige est nécessaire.

Quoique des observations aient été faites dans le passé sur les caractéristiques des cycles successifs, plusieurs essais de longue durée sont en place (Agnéby : Côte d'Ivoire, Tamatave : Madagascar) pour préciser le comportement des bananiers ; on y fera allusion dans le chapitre des études des populations, toutefois on doit signaler que l'attention se porte sur le mécanisme de développement et de croissance des rejets ou du rejet successeur, au cours de la phase où il est plus ou moins contrôlé par la plante «mère» et ensuite. J. GANRY a fait quelques observations (BA. GU NEU. 78 et 81) sur l'orientation des rejets qui apparaissent sur les cultivars 'Poyo' et 'Giant Cavendish', le critère étant leur hauteur au moment de la récolte du pied qui les a produits. Si on définit l'axe horizontal CBR par : C ancienne cicatrice de rattachement du bulbe adulte (position 180°), B : le bourgeon central de ce même bulbe, R : en position 0-360°,

le rejet le plus vigoureux se place généralement à 320° (décalage de 40° avec l'axe) ou secondairement à 70-80°. Le rejet qui suit en vigueur est à 90-110° en général et secondairement à 320°. Ces observations sont à poursuivre, le résultat des interactions entre méristèmes étant variable.

Le même chercheur a confirmé dans les mêmes essais qu'une réduction de la vitesse de croissance des rejets avait lieu à l'émission de l'inflorescence ou 15-20 jours avant, qu'elle persistait 20 à 40 jours, et que la croissance reprenait ensuite. Il semble se présenter des différences sensibles dans l'allure des courbes, selon les écologies. Ces courbes présentent les croissances de l'ensemble des rejets présents sur les plantes (figure 8, page 264).

A. LASSOUDIÈRE a montré que, en premier cycle, dans une population de 'Poyo' (Côte d'Ivoire), des différences de croissance apparaissaient entre 52 et 67 jours après plantation, par rapport aux nombres de mains des régimes ultérieurement produits. Et les différences de croissance au cours de cette période seraient déterminantes. Si l'on se souvient (M. BEUGNON) que c'est vers cet âge que les poussées de racines primaires ont lieu - plus ou moins intenses - on est en droit de supposer que cette phase est critique. L'auteur notait également au premier cycle que l'intervalle entre plantation et émission florale était d'autant plus court qu'il y avait plus de mains (10 jours de différence entre les régimes à 8 et 10 mains).

A. LASSOUDIÈRE a procédé à plusieurs séries d'observations en second cycle mais débutant précocement. Le rejet successeur était mesuré au moins à partir de la floraison du premier cycle, parfois avant. Les croissances sont toujours évaluées en cm/jour pour la hauteur du pseudo-tronc et la circonférence (à 30 cm au-dessus du collet). Des différences de croissance existent parfois avant la floraison de la plante-mère, parfois après cette émission d'inflorescence, les valeurs les plus fortes se retrouvant pour les plus grands nombres de mains ; ce qui fait conclure que cette vitesse est liée à la formation des mains femelles, au cours d'une période qui précède de trois à six mois l'émission florale du second cycle. On pourrait aussi estimer que le rejet acquiert un potentiel supérieur, si toutefois les valeurs absolues de ses dimensions sont également en corrélation avec le futur nombre de mains.

Dans les mêmes séries, les différences des poids moyens pour des nombres de mains identiques montraient que l'évolution propre des inflorescences n'étaient plus en relation avec des vitesses de croissance antérieures, mais principalement avec des facteurs agissant au cours même de cette évolution.

FONCTIONS DE NUTRITION

Alors que les études agro-pédologiques et agro-physiologiques nous intéressent au niveau des populations établies,

les processus nutritionnels sont à considérer ici à l'échelle de la plante, et au cours de l'évolution de celle-ci.

ALIMENTATION HYDRIQUE

Les études plus anciennes sur les besoins en eau ont déjà été exposées dans cette revue, sauf celle débutée par M. BEUGNON en Côte d'Ivoire (Azaguié). Cette dernière était conduite en bacs de culture et les résultats avaient été jugés bien trop élevés par rapport à ce que l'on savait. Dans la pratique, on estimait en effet les besoins à 125 mm par mois en zone humide et à 150-180 mm/mois en région aride, et cela coïncidait approximativement aux approches par des méthodes de pesées de portions de feuilles ou de mesure de déficit hydrique AUBERT (Fruits, 1968, n°7).

J. MEYER (Fruits, 1976, n°1) est revenu à une méthode de mesure réelle de consommation d'eau de bananiers en cuves de végétation, avec constamment une disponibilité d'eau pour les racines. La méthode utilisée en Martinique par J. MEYER (travaillant en collaboration avec SCHOCH, INRA) conduit à estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) (estimée car P, total des précipitations, est difficilement exact à cause de l'effet parapluie du bananier, du rebond des gouttes sur les limbes, etc.). Finalement d'ailleurs les auteurs éliminèrent les jours avec pluie, dans l'impossibilité d'utiliser la donnée d'un pluviomètre.

Ils retiennent ainsi, pour des bananiers ayant atteint leur stade de développement maximal, des valeurs d'ETM/ETP de l'ordre de 1,6 et de l'ETM/E bac de classe A de 1,4, valeurs analogues à celles trouvées par GHAVAMI au Honduras (1973). Les auteurs précisent bien que l'ETP gazon ne saurait constituer une limite supérieure à l'ETM bananiers comme cela a déjà été mis en évidence sur certaines plantes à développement vertical important, comme le soja ou le tournesol (PUECH, 1973). Ils précisent également que «ces valeurs d'ETM ne correspondent pas obligatoirement aux doses d'irrigation optimales du point de vue agronomique ou économique, et qu'elles doivent servir avant tout de référence» (pour des comparaisons dans le temps et en divers lieux) «à des essais agronomiques en variantes de doses permettant de chiffrer l'efficacité de l'eau».

Par des comparaisons de mesures en cuves de végétation avec et sans bananiers, J. MEYER donne également des indications préliminaires de la consommation spécifique du bananier dans le sens d'une application directe aux doses recommandables en condition d'irrigation localisée. Ces doses correspondent approximativement aux valeurs de l'évaporation du bac de classe A.

Les autres observations permettent de fixer provisoirement, «pour des bananiers ayant atteint leur développement maximal, des valeurs de ETM/ETP de l'ordre de 1,6 maximal, et de ETM/E bac de 1,4». A noter que l'ETM peut atteindre 8 mm/jour, beaucoup plus qu'on ne le pensait jusqu'ici.

Il est clair que ces données demandent une confirmation et que J. MEYER et SCHOCH restent prudents : «ces

valeurs d'ETM ne correspondent pas obligatoirement aux doses d'irrigation optimales du point de vue agronomique et économiques»; elles constituent une référence pour les futurs essais irrigation : la dose maximale de la gamme à essayer, par exemple.

NUTRITION MINÉRALE

Il est utile de rappeler les problèmes et ce qui a été acquis dans le passé, en particulier par les travaux de P. MARTIN-PRÉVEL, J.J. LACOEUILHE et J. MARCHAL.

Les problèmes sont, pour le producteur, d'obtenir le rendement maximum de fruits de bonne qualité marchande dans les conditions financières optimales. La connaissance du comportement de la plante, de ce qui lui est nécessaire pour se trouver dans l'état optimal souhaité, est aussi importante que celle des moyens propres - étudiés par l'agro-pédologue - pour que le sol, et ce qu'on lui ajoute, assurent les besoins.

Les situations anormales de nutrition ont été étudiées dans ce qu'elles ont de visibles : symptômes des carences, déficiences (permanentes ou momentanées) en éléments minéraux, des plus importants (N, K, ...) aux mineurs (J.M. CHARPENTIER, P. MARTIN-PRÉVEL). L'agronome dispose donc de moyens de diagnostic pour procéder aux corrections nécessaires, dans les cas assez graves pour provoquer des symptômes visibles et caractérisés.

On pourrait considérer que des bananiers présentant une bonne vitesse de croissance, une longévité correcte des feuilles (et donc non seulement un bon état nutritionnel, mais aussi un bon état sanitaire) produiront des récoltes normales. Le tout est de savoir quelle est cette normalité de récolte et donc les caractéristiques de qualité des fruits. On a montré dans le passé (J. GUILLEMOT) et plus récemment (P. FROSSARD) que des excès d'azote diminuaient la résistance au développement de champignons parasites d'après récolte (*Colletotrichum*), tandis que P. MARTIN-PRÉVEL s'attaquait à la fois à ce problème avec G. MONTAGUT et à celui des distorsions entre l'évolution de la pulpe (trop avancée : pulpe jaune) et le grossissement des bananes. Un autre paramètre est lié à la «qualité» : plus le développement est rapide et plus les fruits sont fragiles, aussi bien dans la résistance mécanique de leurs tissus que dans leur résistance aux parasites.

Les bilans minéraux réalisés aux Antilles et au Cameroun, à différentes phases de la vie des bananiers, ont eu des résultats importants. Du point de vue de la fumure, on dispose d'une base quantitative précise : les quantités d'éléments entrant dans la composition non seulement des fruits exportés du terrain mais aussi des diverses parties de la plante à ses divers stades de développement. Elles correspondent aux besoins «nets» d'un bananier considéré individuellement (rejets compris), ou d'une bananeraie lorsqu'elle se trouve dans une situation homogène.

Ces bilans minéraux permettent de connaître, pour un sol connu, quelles devront être l'importance et la répartition dans le temps des apports, l'agro-pédologue pouvant estimer par ailleurs le degré des pertes prévisibles (lorsqu'il a pu expérimenter dans des conditions analogues) et l'impact des restitutions opérées par l'abattage des parties végétatives.

Ils ont fourni des bases pour l'analyse des feuilles ou d'autres organes, seule utilisable comme moyen de contrôle régulier de la nutrition dans les essais agronomiques et de diagnostic des besoins en engrais des populations établies, choix des échantillons et, surtout, signification des informations fournies par telle ou telle partie de la plante.

En effet, ils ont mis en évidence les principaux rôles des cinq éléments majeurs dans les divers organes du bananier et les mécanismes de leurs interactions, particulièrement importantes chez cette plante. Par là, ils ont révélé l'enchaînement de causes conduisant à la fragilité ci-dessus évoquée. Le bananier est incapable d'emmagasiner des quantités importantes d'azote sans les utiliser. Par suite, lorsque les conditions climatiques sont extrêmement favorables à la synthèse de matière vivante, le bananier pouvant en outre être affaibli en permanence par des déséquilibres entre K et Mg (déficience de la plante en l'un d'eux malgré sa présence suffisante en valeur absolue dans le sol), la reprise de l'alimentation azotée après une période de faible absorption de cet élément engendre une accélération du développement des organes en cours de formation, qui précède les processus normaux de maturation des tissus.

NUTRITION CARBONÉE

Partant de ces constatations, P. MARTIN-PREVEL a entrepris ensuite des recherches de type fondamental pour étudier les voies par lesquelles les facteurs climatologiques et nutritifs agissent sur la croissance et le développement du bananier, plus spécialement pour ce qui concerne l'évolution de l'inflorescence.

Les expériences ont été conduites avec J. MARCHAL, A. LASSOUDIÈRE et A. PINON en Côte d'Ivoire, de 1969 à 1972, sur bananiers cultivés en bacs avec sable ou tourbe arrosés de solutions nutritives. Puis la majorité des résultats chiffrés a été obtenue au cours de la période 1972-75 couverte par le présent article, et certains ne sont pas encore complètement interprétés. Une première étude en a été présentée au 8e Colloque international de la Potasse, Abidjan, décembre 1973 (p. 233-248 des comptes rendus). Il ne pourra être donné ici qu'un aperçu de l'ensemble actuellement disponible.

Une fois le stade de la différenciation florale estimé atteint, on comparait :

- nutrition normale,
- nutrition très modérément déficitaire en potassium,
- nutrition faiblement excédentaire en potassium et nettement déficitaire en magnésium, (les analyses foliaires de

J. DUMAS et P. MARTIN-PREVEL en Guinée, confirmées par les résultats des modifications de fumure qui en avaient découlé, avaient en effet montré l'incidence de ce déséquilibre sur la pulpe jaune, résultats recoupés par les études de déséquilibre effectuées par J.M. CHARPENTIER en Côte d'Ivoire).

Les observations de B. AUBERT ayant par ailleurs montré la responsabilité du manque de luminosité dans la pulpe jaune en Équateur, ces trois nutriments étaient combinées avec trois éclaircissements : naturel, réduit d'un tiers par ombrage artificiel après l'initiation florale, réduit de deux tiers dans les mêmes conditions.

Outre de nombreux prélèvements pour analyses minérales et biochimiques, des mesures de respiration sur bandes de limbe détachées à l'aide d'un analyseur de CO₂, des mesures de transpiration, par pesée de rondelles, et d'ouverture stomatique par infiltration d'alcool isopropylique, les manipulations ont comporté la mise en oeuvre de deux techniques originales :

- mesure du potentiel photosynthétique sur rondelles détachées par la fixation de gaz carbonique radioactif en dix minutes dans une enceinte, à plateau tournant sous un cerce de lampes, immergés dans un bain-marie thermostaté (mesure simultanée sur 60 rondelles).

- incorporation photosynthétique de gaz carbonique radioactif par une feuille de bananier entière, restant en place, sous lumière artificielle standardisée, avec interposition d'un écran d'eau courante. On devine les problèmes posés par de telles manipulations avec les dimensions du bananier 'Poyo'. Elles avaient pour objet l'évaluation du pouvoir photosynthétique effectif et la détermination du devenir du carbone fixé par la feuille : migrations (jusqu'au régime), transformations.

1) En ce qui concerne les effets d'une déficience potassique, on a essentiellement constaté que :

- l'ouverture stomatique est rendue irrégulière par une déficience légère, sans symptômes visibles : les stomates se bloquent facilement en position soit plus ouverte, soit plus fermée que chez le témoin ;

- la photosynthèse des rondelles détachées est alors parfois inférieure, mais souvent très supérieure (surtout quand les conditions ambiantes pendant leur préparation pour l'expérience ont été les plus favorables) à celle des rondelles de bananiers non déficients. Il s'agit de conséquences des effets stomataux, montrant que le chloroplaste n'a pas son potentiel diminué ;

- toujours en cas de déficience légère, la photosynthèse en place et les migrations tendraient à se ralentir (seuils de signification statistique non atteints), et la respiration est très nettement diminuée. Pourtant on cite classiquement une respiration excessive comme effet de la carence potassique : c'est vrai seulement dans le cas de carence grave avec symptômes visibles.

Les conclusions de la communication au Colloque d'Abidjan, rédigées avant la fin des analyses biochimiques,

peuvent être citées in extenso :

«Parmi les effets de la déficience potassique que nous avons passés en revue, certains possèdent une réversibilité qui mérite d'être soulignée : ainsi la diminution de respiration, qui est somme toute le signe d'un ralentissement de l'activité générale. De même, la non-atteinte du potentiel photosynthétique du chloroplaste montre que le planteur qui a laissé son matériel végétal prendre quelque retard dans son alimentation potassique peut espérer combler ce déficit sans que sa production ait été irrémédiablement compromise, ce qui serait très vite le cas pour la nutrition azotée par exemple.

Mais l'effet final des modifications biochimiques, qui commencent à s'installer dès ces stades très bénins de la déficience sans symptômes, a peu de chances d'être réversible. Il est donc probable qu'en majeure partie les désordres qualitatifs liés au manque de potassium ne puissent être évités par le «rattrapage» tardif d'une fertilisation potassique temporairement insuffisante.

Outre des rôles biocatalytiques précis qui commencent à être catalogués (ici : condensation des oses en oligosides), le potassium se montre un activateur général du fonctionnement de la matière vivante. Par là s'explique sa grande importance quantitative, alors qu'il entre dans si peu de combinaisons organiques chez le végétal. Cette fonction repose essentiellement sur un rayon ionique qui, par le biais de l'hydratation, influence la structure des colloïdes et, par là, l'aptitude au fonctionnement des structures submicroscopiques responsables de la quasi-totalité des réactions vitales de la cellule. Mais, quand la carence est devenue assez grave pour que l'intégrité de ces substructures ne soit plus respectée, certains effets du potassium peuvent s'inverser, telle la stimulation de l'activité respiratoire».

En outre, les fruits de bananiers légèrement déficients en potassium sont un peu moins riches en acidité libre, mais l'acidité totale (libre + combinée) n'est presque pas affectée : le pH reste inchangé, car il y a une modification de la composition en acides organiques résultant en une légère diminution du pK moyen.

Ces fruits sont un peu moins riches en amidon, mais la différence n'est sensible que lorsqu'ils ont poussé en lumière très réduite. Ils tendent également à être moins riches en protéines ; en déficience accusée, on note des accumulations d'azote ammoniacal dans presque tous les organes, et une augmentation de l'azote aminé libre dans certains d'entre eux, autres que le fruit.

Le principal facteur limitant, responsable de la maigreur des fruits carencés en potassium, est donc le blocage de la conversion des oses en oligosides (saccharose). La condensation de ces derniers en amidon les fait disparaître ; elle est peu ralentie par rapport à la masse de matière vivante, mais elle l'est dans l'absolu, car la formation de la matière vivante est elle-même diminuée par un ralentissement de la synthèse des protéines (donc des amyloplastés) dû apparemment à un blocage au niveau de l'amination.

2) En cas de déséquilibre K/Mg, les sucres solubles totaux sont plus abondants ; l'amidon l'est également, au stade récolte, en luminosité réduite ; mais l'acidité n'est pas affectée.

D'autres analyses effectuées au Cameroun ont confirmé que la pulpe jaune ne correspond à aucune diminution de teneur en amidon, la tendance étant même plutôt à l'inverse, comme c'est d'ailleurs le cas pour les derniers stades de grossissement de la banane. Elle ne comporte donc aucune dégradation de l'amidon analogue à celle de la banane mûrissante, c'est-à-dire qu'elle n'est pas un simple décalage entre aspect extérieur et maturité interne (du moins, le décalage d'évolution de l'amidon n'a aucune commune mesure avec celui de la coloration).

3) Les effets de l'ombrage ont été plus marqués que ceux de la nutrition potassique.

Les feuilles des bananiers ayant poussé sous ombrage ont une capacité photosynthétique augmentée ; elles utilisent donc mieux la lumière, sans que cette plus grande efficacité soit suffisante pour compenser une perte de 1/3 ou 2/3 de la quantité totale d'énergie reçue. En même temps les migrations à long terme de la feuille vers le régime sont ralenties. D'où un développement plus lent : retards de floraison et de grossissement du régime. Les fruits sont nettement plus pauvres en glucides solubles (réducteurs ou non), en acidité libre et totale (avec un pK abaissé comme dans le cas de déficience potassique, d'où maintien du pH normal), en azote aminé et en protéines. L'ombrage modéré (suppression d'1/3 de la lumière) n'affecte pas la teneur en amidon. La suppression de 2/3 de la lumière n'agit pas non plus sur le taux d'amidon en nutrition potassique normale, mais en cas de déficience potassique elle le diminue dans la pulpe et l'augmente dans la peau, tandis qu'elle provoque des modifications inverses dans ces deux organes en cas de déséquilibre K/Mg.

L'étude de l'activité respiratoire et photosynthétique (P. MARTIN-PRÉVEL et R. TISSEAU) des différentes feuilles n'a été qu'effleurée et mériterait d'être reprise afin de mieux connaître les importances relatives des limbes de la série foliaire. P. MARTIN-PRÉVEL, au cours des études précédemment citées, a observé que les feuilles les plus jeunes respiraient et photosynthétisaient beaucoup moins que les autres du moins sur bananier fleuri (c'est peut-être une caractéristique des dernières émissions foliaires de la plante et non de leur âge : elles avaient parfois deux mois lors des expériences). On peut aussi se demander si les anciennes feuilles sont utiles à conserver et ne contribuent pas éventuellement à maintenir une transpiration élevée non compensée par une activité productive.

On peut conclure que la physiologie du bananier est un domaine très vaste et qu'au fur et à mesure de l'avancement des travaux sur les mécanismes de nutrition, les chercheurs ont dû tenir compte des autres paramètres qui concourent à l'état «normal» de la plante : normalité des fonctions d'absorption racinaire (parasitisme, toxicité) situation hydrique normale (un état de déficit même transitoire provoque probablement des rééquilibrages au niveau cellulaire), éclairage optimal, etc.

ÉTUDES SUR LES POPULATIONS DE BANANIERS

Une bananeraie constitue un ensemble de bananiers qui manifestent entre eux une concurrence à tous les niveaux du biotope : dans le sol pour absorber eau et éléments dissous, au-dessus du sol pour l'interception de l'énergie.

Le comportement d'une population peut être très différent de celui d'individus isolés dont les performances de production ne sont que des références maximales.

AMÉNAGEMENT ET PRÉPARATION DES SOLS

On ne reviendra pas ici sur les études antérieures qui aboutissent à la conclusion que l'ameublissement des sols est primordial pour une bonne croissance des racines. Les phénomènes de compaction, fréquents, font que le vieillissement des bananeraies est souvent d'origine édaphique, quoique certains sols puissent être bien structurés (et donc aérés) et le rester.

Une préparation profonde des sols est certainement efficace quand les conditions climatiques s'y prêtent, c'est-à-dire quand la saison sèche est suffisamment longue pour que la terre soit « ressuyée » en profondeur. Dans certaines conditions (à la Station de Neufchâteau, Guadeloupe), cet état est très rarement atteint. Dans les sols drainants de Nyombé, au

Cameroun, les travaux de sous-solage croisé répétés à l'occasion des replantations ont fait leur preuve, encore qu'il ait été impossible de faire des expérimentations systématiques à ce sujet, par manque de surfaces suffisantes.

Toutefois, ces méthodes de travail sont appliquées fréquemment aux Antilles et au Cameroun (OCB).

Les études de drainage ont été limitées au secteur de l'Agneby, en Côte d'Ivoire, qui fera l'objet d'un examen particulier. Dans les conditions de sols « minéraux », le drainage se fait par canaux ouverts. On n'a pas eu l'occasion de procéder à des essais de drains enterrés, qui auraient permis une extension des secteurs mécanisables.

DENSITÉS ET DISPOSITIONS

Il est évident que plus une population est régulièrement dense à l'origine et plus son homogénéité doit être et rester élevée. Comme cela ne peut être le cas après quelques années, du fait des variations individuelles, la population subit des pertes et atteint un équilibre lié naturellement à l'écologie du lieu, mais également et plus encore aux techniques de cultures utilisées.

Les plus anciennes techniques, qui consistaient à mettre en champ un petit nombre de bananiers conduits en touffes, avec 2 - 3 ou 4 tiges productrices, posaient le moins de contraintes à l'agriculteur dont le seul souci était alors d'entretenir la plantation propre de mauvaises herbes. Mais la concentration élevée des racines à proximité des touffes ne conduisait pas à l'obtention de très bons rendements. Aussi, la « conduite » à un successeur a-t-elle été adoptée, aux Antilles puis en Afrique et, plus récemment (après l'abandon du cultivar 'Gros Michel'), en zone américaine.

La méthode française de travail à une tige, à haute densité, date de l'époque où l'exportation demandait des régimes d'un poids ou d'un nombre de mains minimum, mais il n'existait pas alors de normes relatives aux bananes elles-mêmes.

Les normes, tout d'abord créées par les sociétés américai-

nes, avec des longueurs minimales, se généralisèrent rapidement. Il devint donc nécessaire d'obtenir des fruits longs et, dans une certaine mesure, des régimes plus lourds ... et par conséquent de diminuer les densités antérieurement en usage.

On peut résumer comme suit la position actuelle :

- Dans les zones chaudes (où la température moyenne mensuelle est de 23-25°C, le mois le plus froid avec plus de 22°C), les densités sont principalement fonction de l'éclaircissement et, grosso modo, on peut comparer la densité/ha et le nombre d'heures d'insolation par an. C'est dire qu'aux Antilles ou sur la côte orientale de Madagascar on peut travailler encore au-delà de 2000 plants/ha ('Poyo'), alors que sur la côte d'Afrique, Côte d'Ivoire, Cameroun, la tendance est d'être en-dessous de 1800/ha. Cette densité est également variable en fonction des cultivars : au Cameroun l'« Américani » est planté à la densité de 1900 (3,50 x 1,50 m) et le 'Poyo' à celle de 1785 (3,50 x 1,60 m).

- Dans le cas de saison froide, où souvent cette saison est malgré tout ensoleillée, on use de densités assez faibles, ou du moins de dispositifs ouverts : lignes jumelées ou simples par exemple.

Il ne faut pas toutefois tomber dans l'erreur et attribuer aux fortes densités les anomalies de conformation des régimes (Côte d'Ivoire). En réalité, dans certains climats, les températures sont assez élevées pour que la vitesse de

développement soit rapide, mais les éclaircissements sont trop faibles pour que les rejets successeurs acquièrent un bon potentiel lors de leur phase contrôlée.

CYCLES DE PRODUCTION ET DURÉE DES BANANERAIES

Chaque essai en champ constitue une étude de 2 à 4 années de durée. Au fur et à mesure des progrès agronomiques, il est nécessaire de vérifier les effets sur la durée d'existence normale d'une bananeraie. Une étude de B. MOREAU a été publiée récemment et, d'autre part, A. LASSOUDIÈRE a, comme on l'a signalé, étudié les relations entre la croissance du rejet jeune, encore sous contrôle maternel, et son futur comportement.

Le même chercheur, dans une étude des méthodes d'éradication de la virose mosaïque, a pu montrer que les diminutions de densité pouvaient être compensées par des augmentations de poids de régimes, et donner finalement des rendements corrects.

Ces études deviennent très importantes en vue de systèmes d'avertissements et de prévisions des récoltes.

PROTECTION DES POPULATIONS CONTRE LES AGRESSIONS CLIMATIQUES

Irriguer une bananeraie a jusqu'à présent donné lieu à des études relativement empiriques, les plus anciens essais (Guinée) ayant abouti à la conclusion que 120 à 150 mm suffisaient à maintenir un bon état des bananiers. Plus récemment, au Cameroun, Ph. MELIN concluait à une rentabilité de l'arrosage même dans une région où la saison sèche ne dure que trois mois au plus.

Le fait nouveau est que J.P. MEYER (Fruits, 1976, n°1, p. 3) ayant déterminé les valeurs d'ETM, en Martinique, comme on l'a indiqué précédemment, il sera justifié de reprendre des essais en champ dont le but sera de définir les doses d'irrigation efficaces en fonction des suppléments de rendements obtenus pour des populations de bananiers de différents âges.

Après que l'IRFA ait, à la Station de Nyombé au Cameroun, démontré (Ph. MELIN, J. MARSEAULT) les effets positifs de l'irrigation sur les rendements, une évolution s'est dessinée dans ce pays. Pour une bonne partie des exploitations les plus anciennes, le problème est difficile à résoudre du fait de l'absence de ressources en eaux de surface, conséquence de la géologie du Mungo (recouvrements volcaniques récents du sédimentaire). Mais pour quelques nouveaux secteurs créés par l'OCB (Organisation Camerounaise de la Banane) qui jouxtent ces zones sédimentaires où ressortent sources et rivières, il a été possible d'installer des appareillages modernes d'aspersion à avancement automatique (TYPHON) qui paraissent donner satisfaction (J. MARSEAULT).

Des engins analogues sont, depuis le printemps 1975,

utilisés en Martinique et en Guadeloupe ; les producteurs des Antilles manifestent un intérêt croissant pour l'irrigation, ayant été touchés par plusieurs saisons sèches successives assez sévères. Du fait du coût de l'eau et du travail, et également, dans certaines situations, du peu d'abondance des ressources hydriques, certains producteurs se sont équipés de systèmes à débit réduit (J.M. MEYER, Fruits, à paraître). Cette évolution a été suivie de près par l'IRFA qui étudie le problème de la localisation, le comportement des racines selon le mouillage du sol, l'efficacité du système selon les caractéristiques, la répartition, la densité des «goutteurs». La méthode dite «à débit réduit» a donné lieu à quelques observations en Casamance, sans toutefois que les moyens aient été suffisants pour établir une expérimentation systématique.

La protection contre les vents n'a pas sensiblement progressé ces dernières années ; la méthode du tuteurage vertical, perfectionnée par Ph. MELIN, J. MARSEAULT et M. BEUGNON (Fruits, 1970, n°12, p. 861), entre progressivement en application au Cameroun et fait l'objet d'essais à l'Agneby en Côte d'Ivoire. La plupart des agronomes considèrent qu'avec les progrès de l'enracinement dus aux traitements nématicides on peut se dispenser du tuteurage, de l'éclayage ou du haubanage dans le cas de coups de vents de force moyenne, ou du moins les réduire aux lisières exposées. Si cette tendance semble être de plus en plus valable pour la majorité des zones bananières antillaises, il est difficile de l'admettre dans d'autres pays comme le Cameroun où le nombre de tornades est trop important et où la localisation de ces dernières est irrégulière.

MAINTIEN DE L'ÉTAT SANITAIRE DES POPULATIONS

Rompant avec l'habitude, on examine toutes les études relatives aux parasites et aux prédateurs avant celles qui portent sur la fertilisation des bananeraies. Il convient en effet d'obtenir tout d'abord des plantes qui soient saines, et donc capables d'absorber les éléments nutritifs aussi bien que de fonctionner au niveau des limbes foliaires. C'est un domaine de recherches extrêmement vaste, où les

résultats obtenus sont souvent spectaculaires mais où, également, les problèmes reviennent constamment, soit parce que de nouvelles formes ou espèces agressent le bananier, soit parce que les produits de lutte deviennent inefficaces ou sont considérés comme dangereux et peuvent être, de ce fait, interdits.

MALADIES D'ORIGINE FONGIQUE

A propos de la maladie de Panama, il convient de citer in extenso la communication de E. LAVILLE à la réunion annuelle. (Rappelons que la thèse de doctorat de ce chercheur porte sur la Fusariose):

« Ces dernières années, cette affection du bananier Cavendish (due à Fusarium oxysporum f. cubense = F.O.C.) n'a fait l'objet à l'IRFA que d'observations occasionnelles. Ainsi elle a été reconnue sur clone 'Americani' à Madagascar, sur quelques variétés dans la collection de bananiers d'Azagué en Côte d'Ivoire, sur un clone local à la Réunion, et sur quelques pieds de 'Poyo' aux Antilles et au Cameroun.

La rareté de ces cas en faisait oublier progressivement la menace. Mais, en 1973, le Dr. HONG J. SU signalait la présence de la maladie et son extension progressive dans différentes plantations de bananiers 'Poyo' à Formose. Cette information était confirmée par R.H. STOVER.

Au cours de l'année 1974, une expédition de rejets Poyo a été faite à Formose à partir de Côte d'Ivoire, et le Dr. SU a pu, sur ce clone africain, vérifier le pouvoir pathogène de la race de Fusarium oxysporum formosan. Les résultats ont été communiqués à l'IRFA à la fin de 1974 et sont positifs. Ceci signifie que le clone de la variété 'Poyo' de Côte d'Ivoire est sensible à la race de F.O.C. qui, à Formose, attaque également les clones locaux de 'Poyo', de 'Grande Naine' et de 'Petite Naine'.

En juillet 1974, la situation dans cette île était la suivante :

- environ 400 ha sur les 12.000 ha de bananeraies du sud de l'île étaient atteints. Le nombre de pieds malades était passé progressivement de 1.500 à 20.000 annuellement.

La maladie présente un caractère saisonnier très marqué, plus intense de novembre à février, et semble favorisée par les facteurs climatiques tels que : trois mois de basses températures avec des minima inférieurs à 14°C (survenant durant la période de floraison et de la formation des fruits), une saison sèche pluvieuse de mousson, la présence de cultures de riz, et une replantation annuelle.

S'agit-il d'une nouvelle race de F.O.C. ? Il semble que le pouvoir pathogène de cette race soit fortement influencé

par les conditions climatiques ou que, inversement, dans ces mêmes conditions, les mécanismes de résistance propres au groupe Cavendish soient perturbés.

R.H. STOVER n'a pas réussi, dans les conditions d'Amérique centrale, à infecter avec cette race de Formose les clones 'Valery', 'Grande Naine' et 'Petite Naine'. En revanche, les 'Cocos nains' ont été envahis.

D'autres essais sont en cours avec des variétés hybrides pour préciser les caractéristiques de cette race nouvelle.

La Cercosporiose (Maladie de Sigatoka) a fait l'objet dans le passé d'un grand nombre d'études de l'IRFA, et en particulier de la mise au point de la lutte par pulvérisations huileuses à bas volume, très peu polluantes. Dans le passé également, il s'est développé dans le monde deux méthodes d'application :

- la française : huile pure tout d'abord sans fongicides, puis avec des fongicides « nouveaux » du groupe des benzimidazoles (H. GUYOT, J. CUILLE).

- l'américaine, avec des émulsions huile + eau et des fongicides d'abord classiques (thiocarbamates) puis également « nouveaux ».

J. BRUN a fait remarquer dans la synthèse des travaux de phytopathologie présentée lors de la réunion annuelle de l'IRFA en 1975 que, pour cette maladie, on distinguait :

- l'efficacité du traitement :
 - efficacité de la formulation
 - efficacité de la technique d'application
- les applications justifiées de traitements (économie de la lutte).

« De nombreux essais ont été réalisés au Cameroun et aux Antilles concernant l'utilisation de nouveaux produits. On peut se reporter pour les plus anciens aux articles de Ph. MELIN (Fruits, 1973, n°6, p. 429-431), de Ph. MELIN et H. TEZENAS du MONTCEL (Fruits, 1974, n°3, p. 179). Le but de ces essais est double : d'une part, essayer des produits nouveaux destinés à supplanter les produits existants, soit sur le plan de l'efficacité, soit sur le plan de la rentabilité ou encore de la facilité d'utilisation, d'autre part,

de trouver un produit d'un groupe différent des benzimidazoles qui soit efficace contre d'éventuels mutants résistants obtenus à la suite de traitements répétés ; jusqu'à présent, seul l'imazalil semble intéressant, vu dans cette optique. Nous reviendrons sur le problème des pathogènes résistants en envisageant les traitements de fruits après récolte».

La Station de Nyombé a joué un rôle important du fait que les conditions écologiques y sont très propices à la maladie ; deux types d'expérimentation sont en cours depuis des années. Le premier consiste en des essais avec applications des produits plante par plante, avec de petits appareils. Chaque bananier est observé très en détail. Ces parcelles sont en dehors de la zone traitée par voie aérienne. C'est dans cette dernière qu'a lieu le second type d'étude ; la surface est partagée en trois blocs qui reçoivent chacun un traitement particulier. La comparaison ne peut donner lieu à des interprétations statistiques mais elle suffit pour une bonne appréciation de l'efficacité dans les conditions de travail habituelles dans les régions bananières.

Notons bien alors que l'on a l'efficacité globale : produit, formulation, technique d'application.

Dans la gamme de produits du groupe benzimidazol (depuis le thiabendazole jusqu'au thiophanate, en passant par le benomyl), les différences d'efficacité intrinsèque sont faibles ; la valeur d'un produit réside dans sa bonne dispersion dans l'huile de traitement qui reste en usage pour les applications à débit réduit. Étant donné la petitesse des doses de matière active fongistatique épanchée à l'hectare, il est nécessaire que le mélange et la dispersion soient parfaits.

Les travaux réalisés aux Antilles portent principalement sur l'ajustement optimal entre les besoins de traitements et l'application de ceux-ci. Ils ont donc une grande importance sur le plan économique. Avant d'établir les systèmes d'avertissement actuellement employés, J. GANRY et J.P. MEYER ont eu à en déterminer les bases à l'aide de nombreuses séries d'observations bio-climatiques. Les résultats ont été publiés dans *Fruits*, 1972, n°10 et 11, 1973, n°10.

Dans une première phase de recherches, ces auteurs ont procédé à des séries d'observations de l'état de la maladie et de son évolution sur des bananiers observés constamment, et qui sont placés au voisinage de postes météorologiques simplifiés. Quoique les critères préconisés par ces auteurs paraissent à première vue compliqués, alors que d'autres chercheurs dans le monde en avaient déjà imaginé de nombreux, ils répondaient aux nécessités : «l'état d'évolution» tient compte des stades de la maladie les plus évolués sur les cinq premières feuilles ; il permet d'augurer de l'évolution probable et immédiate de la Cercosporiose ; le «niveau d'infestation» est un constat et permet «d'apprécier l'efficacité des traitements antérieurs et de contrôler le rythme de traitement pour maintenir la bananeraie à un état sanitaire correct sans plus avoir à abuser des traitements».

GANRY et MEYER ont utilisé comme critères climati-

ques la somme thermique (CUILLE-GUYOT) avec les coefficients de développement de CALPOUZOS, et les seuils d'évaporation (basés sur les données du PICHE). Dans le cas des Antilles et de traitement de couverture à l'huile seul, ils ont établi les normes suivantes :

	somme thermique hebdomadaire	évaporation hebdomadaire
favorable	plus de 11.500	moins de 22 mm
assez favorable	11.000 à 11.500	de 22 à 30 mm
peu favorable	10.000 à 11.000	de 30 à 40 mm
défavorable à la maladie.	moins de 10.000	plus de 40 mm

Mais il faut bien remarquer que dans les régions à assez faible amplitude thermique et où la température moyenne avoisine 25°C, les conditions thermiques sont très rarement limitantes. Le seuil de 11.500 est toujours dépassé. Autrement dit, dans ces régions, seule la saison sèche peut être limitante, lorsque l'évaporation hebdomadaire est supérieure à 30 mm. Ces critères d'avertissement ont été repris et adaptés au cas des cycles longs (huile + fongicides systémiques) en tenant compte de l'effet cumulé de l'évaporation Piche hebdomadaire depuis le dernier traitement. Si ce type d'avertissement météorologique ne suffit pas à lui seul à l'établissement des programmes de traitement - il ne tient pas compte en particulier de l'efficacité des applications réalisées - il permet de limiter le nombre de points d'observations foliaires dans le temps et selon les lieux.

C'est ainsi que les deux méthodes, avertissement météorologique et observations foliaires précises, doivent être associées pour permettre à une équipe assez restreinte d'établir le plan des traitements à l'échelle de l'ensemble d'un département, comme c'est le cas pratiqué en Guadeloupe depuis 1972 et en Martinique depuis 1975, dans le cadre d'un système de lutte généralisée au niveau de l'ensemble de la profession (ASSOBAG et SICABAM).

A ce sujet, on souhaite que les méthodes d'observations de l'état de la maladie et de son évolution soient unifiées au sein même de l'Institut, tout en tenant compte de ce qui se fait à l'étranger, particulièrement par STOVER. Selon J. GANRY, en pratique, l'utilisation de l'état d'évolution et du niveau d'infestation s'avère simple malgré les apparences.

La Cladosporiose a été étudiée uniquement en Côte d'Ivoire, par P. FROSSARD ; bien qu'elle soit présente dans de nombreuses autres régions bananières, (au Cameroun, dans la région du Mungo, par exemple, en bordure des parcelles ombragées par des bambous), ce n'est que dans ce pays, et plus spécialement dans les zones lagunaires (et Agnéby) qu'elle présente un caractère de gravité apparente. On peut rappeler que les feuilles noircissent, finissent par se nécroser et faner précocement. Les bananiers en premier cycle sont de loin les plus atteints. Les dommages semblent spectaculaires, alors que les pertes de rendement sont le plus souvent assez faibles.

«L'infection du champignon se fait sur les deux faces du limbe. L'incubation est de quatre semaines et les symptômes

prononcés sont visibles un mois plus tard, soit deux mois après l'apparition de la feuille ... Les attaques les plus graves se produisent en saison sèche : octobre à janvier» (P. FROSSARD). Ce chercheur a mis au point des méthodes d'observations soit de l'ensemble des feuilles avec notations par feuille, soit d'une ou deux feuilles de rang donné et dont l'âge est connu, soit plus globalement du nombre de feuilles ne portant pas de nécroses à un temps donné.

De nombreux essais de lutte chimique ont été réalisés ; les produits cupriques provoquent des noircissements des limbes atteints ; les dithiocarbamates ne sont pas phytotoxiques mais sont moyennement efficaces (1,6 kg/ha m.a.), alors que les dérivés du benzimidazole sont beaucoup plus actifs (avec des doses variant de 250 à 350 g m.a. selon les produits, à l'ha), sans toutefois que les effets soient comparables à ceux obtenus contre la Cercosporiose. De nombreux autres fongicides ont été essayés.

Tous les essais ont été faits par atomisation à partir du sol, mais à base de solutions aqueuses, préférables en saison sèche. On a parfois constaté des effets favorables de mouillants. Mais la plupart des applications dans les essais furent trop peu fréquentes, alors que P. FROSSARD a constaté finalement que la cadence favorable serait de dix jours, deux semaines au plus. Cela signifie que l'on ne dispose que de très peu de temps pour protéger une feuille après son déroulement et lui appliquer un produit préventif ; cela signifie également un coût très élevé de cette protection et hors de proportion avec le gain réalisé. En effet, des doses élevées de benlate (250 g m.a./ha tous les 14 ou 10 jours) ne procurent selon FROSSARD que 1,6 kg de gain de poids moyen des régimes, les caractéristiques de croissance végétative étant très similaires. Cela n'est pas sans rappeler des résultats d'expérience de défoliation (non publiés) où il semblait que l'évolution des régimes n'était troublée que si l'on ne laissait que moins de 7-8 feuilles fonctionnelles sur les bananiers.

MALADIES DES FRUITS

Les maladies des bananes ont eu dans le passé une importance extrême, jusqu'à l'époque où des fongicides très actifs permirent de diminuer fortement les dommages.

Avant récolte, dans les zones bananières où l'IRFA travaille, le seul parasite important est, au Cameroun, *Trachysphaera fructigena*, provoquant une pourriture sèche des fruits pouvant aller depuis le stade «bout de cigare» (le véritable bout de cigare est provoqué par un autre parasite) jusqu'à une pourriture de l'ensemble du fruit ; un ou plusieurs doigts peuvent être atteints par main, rendant celle-ci inexportable.

«Dans les zones d'altitude, la maladie apparaît de façon sporadique, sans qu'il ait été possible, jusqu'à présent, de relier son apparition à des phénomènes météorologiques précis. Après avoir démontré une relative efficacité du gainage précoce, l'activité de l'IRFA s'est borné au cours de ces trois dernières années à la recherche d'une corrélation entre des phénomènes météorologiques mesurables et l'apparition de la maladie, aucune conclusion définitive ne peut être actuellement tirée quoique H. TEZENAS du MONTCEL et E. LAVILLE aient quelques indications nouvelles montrant que le facteur température est en cause.»

Les pourritures qui se développent après récolte, et le plus souvent au mûrissement, sont de toute évidence devenues rares, mais il suffit que certains cas soient signalés pour que s'inquiètent spécialistes scientifiques et producteurs. L'opinion de J. BRUN au sujet d'une diminution d'efficacité des traitements est tout à fait nette, quant au partage des responsabilités possibles :

«Cette diminution peut être due à deux causes, soit à un relâchement général des soins qui doivent accompagner la

récolte du fruit, son transport au hangar, les opérations de découpage et de mise en carton, soit à l'apparition de races de parasites résistantes aux fongicides utilisés. La première cause est loin d'être négligeable et l'efficacité des produits utilisés a amené les planteurs à un certain relâchement qui, dans la plupart des cas, explique les mauvais arrivages ; il n'en reste pas moins vrai que, dans certains cas, aux Antilles notamment, des cas de races résistantes au benomyl ont pu être décelés.»

La communication de E. LAVILLE, que l'on citera presque complètement, pose clairement le problème des résistances des champignons aux produits fongicides modernes, les seuls efficaces.

«Au cours de l'année 1973, et à la suite d'une série débutée en 1970, ont été publiés les résultats des derniers essais de traitements fongicides des bananes après récolte (Fruits, 1973, n°3 et n°9).

L'arrêt des essais de comportement des bananes pendant le transport en navires réfrigérés se justifiait par les excellents résultats obtenus avec les divers fongicides du groupe «benzimidazole» tels que le Thiabendazole (TBZ, MER-TECK), le Benomyl (Benlate), le Méthylthiophanate (Pelt, Peltis), le Carbendazim (Bavistine) etc., et par l'absence de nouveau produit d'efficacité équivalente.

L'état sanitaire des fruits, de diverses origines géographiques, était régulièrement suivi au débarquement et en mûrisseries, et les avaries observées relevaient aux périodes dites de «mauvaise qualité», le plus souvent d'un manque de soins et (ou) d'applications défectueuses.

Mais c'est à la fin de l'année 1974 que la situation s'est révélée plus inquiétante et a été marquée par un déplacement

ment de la flore fongique et par l'apparition des races résistantes aux fongicides utilisées.

La modification de la mycoflore, à la suite de traitements fongicides, est un phénomène connu et souvent observé : les espèces peu sensibles sont favorisées et peuvent se développer sans antagonistes.

Sur les bananes, cela se traduit par des nécroses de l'épiderme et des coussinets où prolifèrent des *Mucor sp.*, des *Geotrichum sp.*, des *Curvularia sp.* etc.

L'apparition des races résistantes est en général un phénomène plus rare. Mais il se trouve que le Bénomyl possède vraisemblablement une légère action mutagène et qu'il fait apparaître très rapidement des races qui lui sont résistantes. (Sur un grand nombre de culture, les races résistantes apparaissent moins de deux ans après utilisation du Bénomyl : *Cercospora* de la betterave, *Botrytis* de la vigne etc., il en est de même avec la Bavistine).

Sur les bananes traitées, cela se traduit par l'évolution rapide des taches épidermiques d'Anthracnose, et par des pourritures de coussinets et de pédoncules. On isole facilement de ces nécroses des races de *Colletotrichum musae*, de *Penicillium sp.*, de *Fusarium sp.* résistant à plus de 100 fois la dose de Bénomyl suffisant normalement à arrêter leur croissance. Ces races résistantes au Bénomyl le sont aussi vis-à-vis de tous les autres fongicides de ce groupe.

Jusqu'à présent (janvier 1975) cette situation n'a été décelée que sur les fruits en provenance des Antilles (Martinique et Guadeloupe) et ne présente pas de caractère de gravité car elle est peu fréquente.

Pour faire face à cette éventualité, on avait déjà recherché il y a trois ans des fongicides de remplacement, actifs sur les races sauvages et sur les races résistantes au Bénomyl.

L'Imazil qui a été retenu, pour ces mêmes qualités, sur le *Cercospora* du bananier et les pourritures à *Penicillium* des agrumes, n'est malheureusement que moyennement actif sur le *Colletotrichum* des bananes.

On est par conséquent apparemment désarmé devant cette situation. Par ailleurs, la méthode de lutte nouvelle à mettre au point doit nécessairement tenir compte du ou des lieux exacts où apparaissent ces races résistantes.

Est-ce en plantation, à la suite des traitements huile plus Bénomyl sur le *Cercospora* ou dans des bacs de trempage des stations d'emballage ?

Dans le premier cas, sans fongicide systémique efficace de remplacement, on retrouve sensiblement la même situation que celle qui régnait avant l'utilisation du Bénomyl et des autres fongicides de ce groupe, avec une différence cependant : ce n'est que le début du phénomène et un très petit nombre de races seulement sont devenues résistantes.

Dans l'autre cas, il est semble-t-il plus facile d'agir, soit

en recommandant la pulvérisation à solution perdue, soit en ajoutant aux bacs de trempage un autre fongicide dont l'action s'exercerait sur les spores polluant les bacs et ayant échappé à l'action du Bénomyl.

Pour le moment, on ne possède aucune information précise sur les lieux d'apparition des races résistantes, bien que nos collègues anglais des Antilles aient pu montrer que les *Colletotrichum* mutants résistants pouvaient apparaître en bananeraie, à la suite de pulvérisations répétées de Bénomyl. Il est raisonnable de penser que ces races résistantes peuvent apparaître à la fois en plantation et dans les stations d'emballage, et de rechercher des solutions qui tiennent compte de ces deux éventualités.

Pour éviter l'apparition de ces races en plantation, et avant la fin de la mise au point de produits de remplacement (en cours), il serait plus sage d'abandonner les traitements *Cercospora* au Bénomyl plus huile, et de les remplacer par des formulations huileuses TBZ ou Méthylthiophanate qui, jusqu'à présent, ne semblent pas induire aussi rapidement que le Bénomyl l'apparition de races résistantes, tout en gardant présent à l'esprit que cette éventualité est toujours possible avec les fongicides de ce groupe.

Sur les stations d'emballage, on peut espérer, sans toutefois l'éliminer totalement, réduire considérablement la probabilité d'apparition de races résistantes en utilisant la pulvérisation à solution perdue de préférence au trempage et, là encore, utiliser, dans la mesure où les règlements l'autorisent, d'autres produits que le Bénomyl, comme le Thiabendazole par exemple.

Pour le traitement par trempage, il faut veiller à renouveler fréquemment les solutions, nettoyer les bacs avec un désinfectant polyvalent et bon marché (type eau de Javel).

Les conseils habituellement prodigués et concernant les soins destinés à éviter les «grattages», à assurer la netteté des plaies de découpe des coussinets, et l'élimination systématique des déchets autour des hangars d'emballage restent, bien entendu, toujours valables.

Toutefois, comme le fait remarquer J. BRUN, le cas des ateliers d'emballage serait pratiquement sans importance si les déchets de coupe étaient éliminés. En effet, les souches résistantes n'apparaissent sous forme de spores (seul stade dangereux) qu'au moment de la maturité, c'est-à-dire au lieu de destination des bananes, et les chances de retour en bananeraie sont pratiquement nulles.

Il est peu vraisemblable que des spores restent vivantes dans les bacs de trempage pleins de solutions fongicides, et l'on sait que *Colletotrichum* est peu abondant dans les eaux des bacs de lavage. Ceci est dû au fait que la contamination a lieu au cours du développement du fruit et que les spores sont solidement fixées à l'épiderme par leur appressorium. Toutefois, certaines contaminations ayant lieu au niveau des plaies, il convient de veiller à maintenir les précautions déjà conseillées.

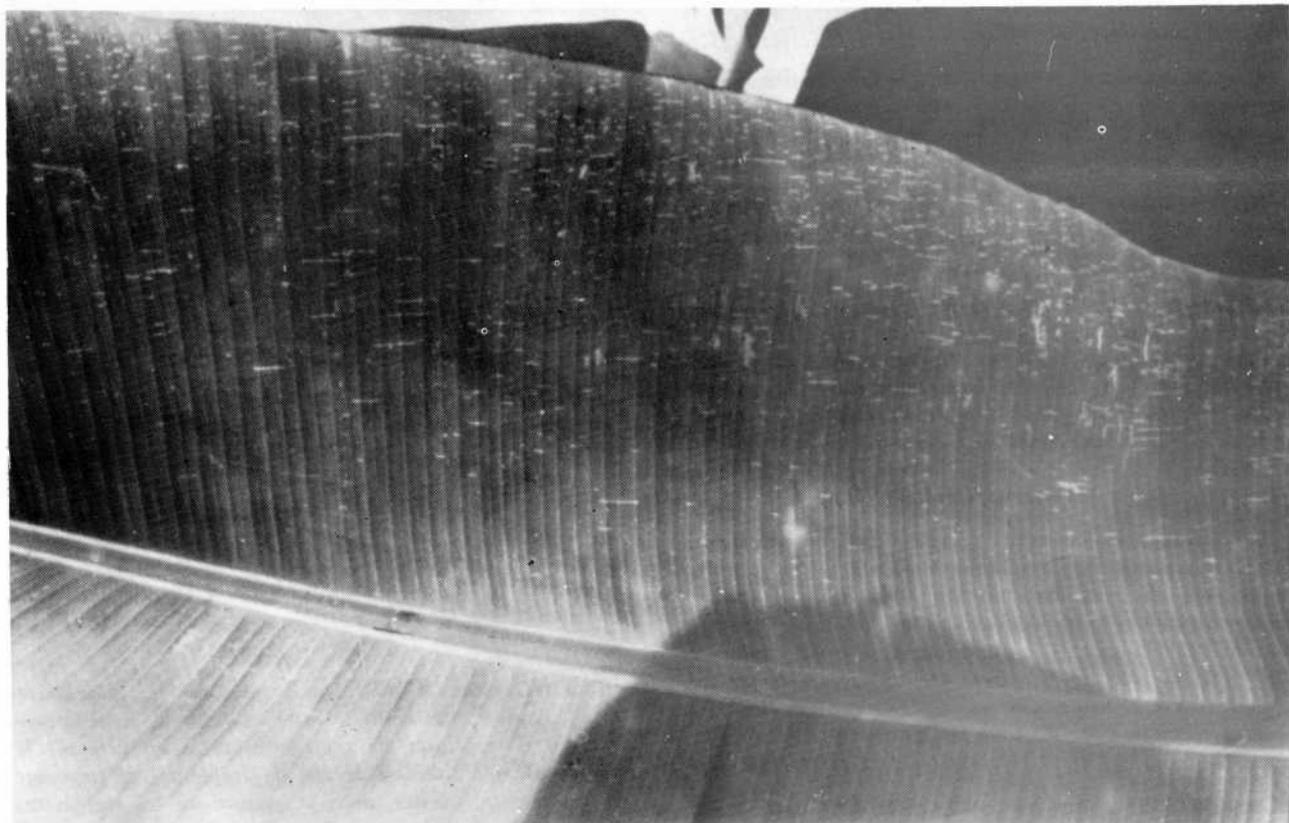


Photo 12. La carence en bore est rarement vue sur le terrain (Cameroun).

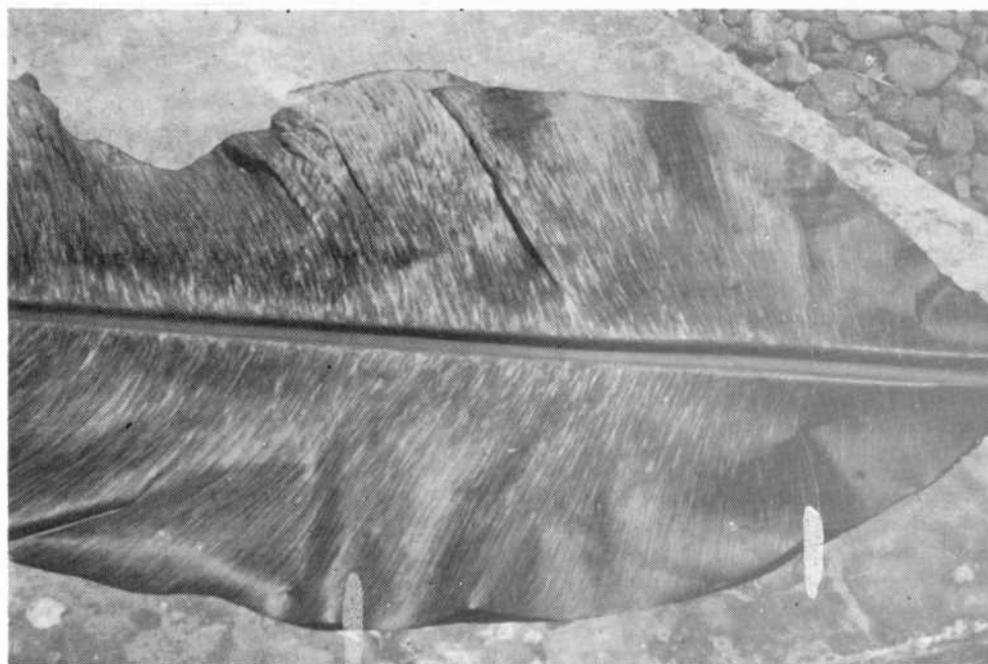
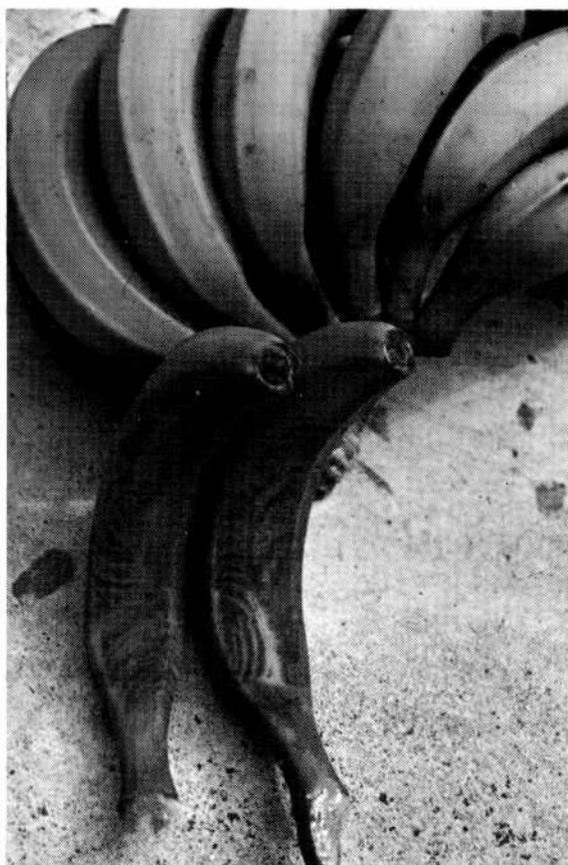
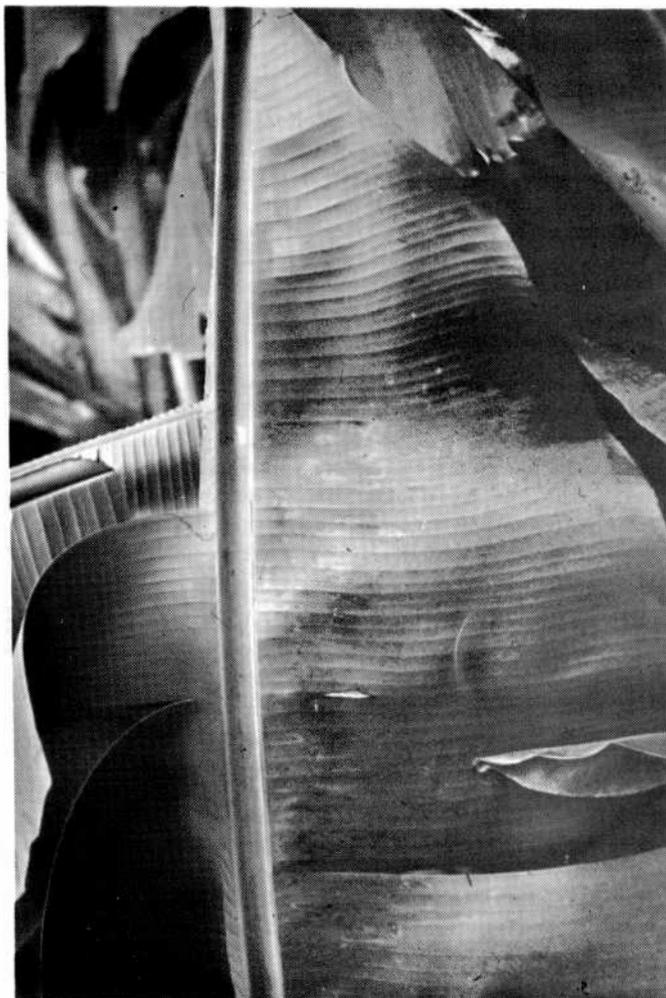
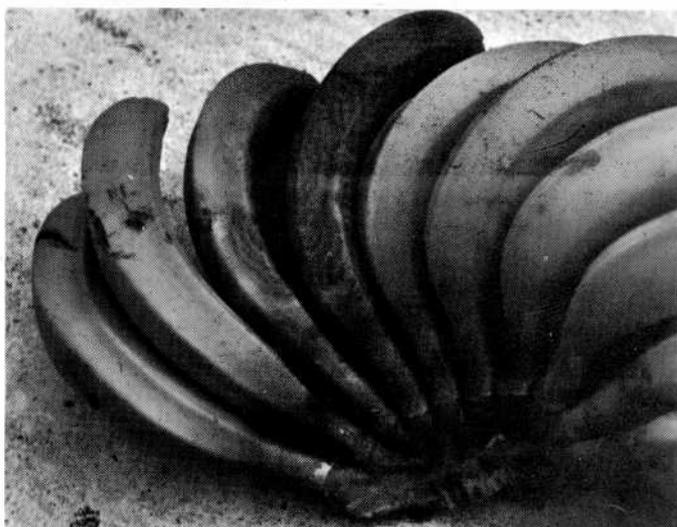


Photo 13. Mosaïque en plages. C'est une forme de la mosaïque en tirets, dont l'éradication est étudiée en Côte d'Ivoire.

Photo 14. La marbrure foliaire d'origine inconnue et supposée virale.



Photos 15 et 16. Cette marbrure a parfois des manifestations sur le péricarpe des fruits (Cameroun).



MALADIES VIRALES OU D'ORIGINE INCONNUE

La Mosaïque à tirets du bananier, bien que l'on ne puisse selon P. FROSSARD, assurer qu'elle soit due au virus A du Cucumber Mosaic, (quelques auteurs considèrent ce fait comme acquis) n'est pas encore bien connue. On la trouve dans beaucoup de pays bananiers, et sur un grand nombre de cultivars de bananiers. Les symptômes ont été rappelés par A. LASSOUDIÈRE (Fruits, 1974, n°5), et il ajoutait un fait nouveau : les bananes produites par des pieds atteints ont un péricarpe plus mince et plus difficile à séparer de la pulpe (au stade récolte) que les bananes normales.

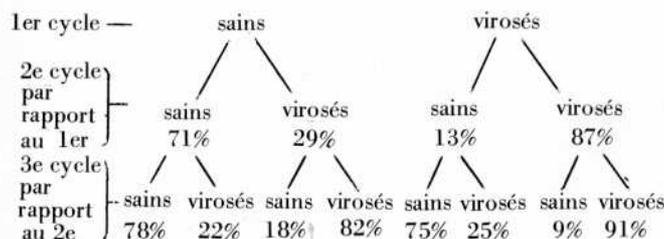
Les pertes de rendement, estimées antérieurement par R. GUÉROUT à 45 p. cent du poids brut à l'hectare, dans des conditions d'infestation élevée (Anguédédou) ont été évaluées à 10 p. cent à l'Agnéby pour un premier cycle, par A. LASSOUDIÈRE. Les dommages sont certainement variables, mais suffisamment importants pour que les producteurs aient incité vivement les chercheurs à se préoccuper du problème.

Les études plus fondamentales sur la nature du virus, les moyens de caractériser sa présence dans un bananier en l'absence de symptômes visibles, les vecteurs de la virose et leur mode d'action, ont été pratiquement remises à plus tard faute de moyens et, en tout cas, feront alors l'objet d'études dans lesquelles l'ORSTOM prendra une grande part.

L'IRFA, en Côte d'Ivoire, s'est limité à la recherche de procédés pratiques pour réduire l'incidence de la maladie au maximum. En réalité, il s'agit de diminuer dans une population la fraction des bananiers qui est visiblement atteinte, étant entendu que cette infestation peut se révéler par quelques tirets seulement sur une seule feuille aussi bien que par des symptômes très intenses. On sait que des chercheurs américains estiment que tous les bananiers sont atteints, de sorte que, en admettant cette hypothèse, on parle de plants «apparemment sains» plutôt que de pieds sains. Toutefois, il semble que les dommages soient d'autant plus importants que les symptômes sont prononcés ; naturellement, il serait facile d'attribuer certaines anomalies (de conformation des régimes et fruits) à la virose même non apparente ; cela ne pourrait être prouvé, ou infirmé, que si l'on pouvait à coup sûr produire un matériel sain, ce qui semble possible selon les travaux de BERG et BUSTAMENTE.

En Côte d'Ivoire, la vallée de l'Agnéby comme les autres vallées lagunaires semble un milieu propice à l'extériorisation des symptômes et (ou) à l'infestation. Le fait qu'une population de bananiers introduits d'Azaguié (à moins de 80 km à vol d'oiseau), réputée saine, manifeste à l'Agnéby le même taux d'infestation qu'une population d'origine locale serait assez en accord avec la théorie de l'infestation généralisée du matériel végétal.

A. LASSOUDIÈRE, en étudiant les taux d'infestation dans une autre population de plusieurs milliers de bananiers, a bien montré le phénomène d'apparition et de disparition des symptômes.



Mais, par ailleurs, une éradication périodique des pieds visiblement mosaïqués (même très faiblement) fait que le taux d'apparition diminue fortement au fur et à mesure des cycles, comme si l'on réduisait progressivement la partie de population qui était apparemment saine au profit de celle qui l'est réellement. A la limite, on peut supposer que le faible pourcentage qui persiste représente le taux de réinfestation par les vecteurs de la maladie. Il serait très intéressant de démontrer qu'une fraction de la population est effectivement saine.

A. LASSOUDIÈRE a montré également dans un essai que l'éradication diminuait la densité d'origine, mais que les rendements bruts étaient finalement plus importants que dans le témoin, par une augmentation du poids moyen des régimes et de leur fraction exportable. Voici, de cet auteur, quelques données chiffrées :

33 mois après plantation de l'essai, la production totale a été de 135,1 t/ha dans le témoin (1930 bananiers/ha à 32 mois) ; dans la parcelle soumise à l'éradication, on trouve à la même date 1440 plants/ha, mais le rendement est de 147,4 t/ha (toujours exprimé en régimes entiers). La baisse de poids moyen dans le témoin est due à l'effet propre de la virose d'une part, et à l'effet de forte densité d'autre part.

poids moyens : (kg)	plants	
	apparemment sains	plants virosés
parcelles témoins	25,0	21,5
parcelles «éradiquées»	26,8	24,9

Actuellement, l'étude se poursuit pour l'amélioration de la technique d'éradication permanente, tout au long du cycle ou à fin de chaque récolte. On étudie également le comportement de populations «purifiées» (dans l'hypothèse où tout bananier n'est pas obligatoirement virosé) au cours d'une première culture de trois années et plus.

L'affection décrite par E. LAVILLE et Ph. MELIN (Fruits, 1974, n°3) sous le nom de marbrure du bananier s'est développée ces dernières années au Cameroun. L'élimination de diverses hypothèses concernant l'agent causal ne laisse de place que pour une virose ou peut-être une mycoplasme quoique les dernières analyses cytologiques effectuées en 1975 n'aient toujours pas révélé la présence de mycoplasme. Les recherches sont cependant poursuivies sur

ce sujet.

Dans le cas d'attaques intenses, la mort des bananiers survient par destruction des méristèmes à la suite de pourritures secondaires. La propagation semble s'effectuer à partir de foyers. Mais, par contre, les rejets produits par des plants malades sont rarement atteints lorsqu'ils ont été transplantés alors que la maladie réapparaît sur les rejets restés en place après recépage, mais pas systématiquement. Certains emplacements semblent très favorables. On ignore tout d'un ou de plusieurs vecteurs possibles, comme de plantes-hôtes autres que le bananier.

L'extension de la marbrure est nette depuis ces dernières années et inquiète les producteurs qui doivent parfois procéder à des replantations, dans ce cas également,

on a observé, avec le même matériel végétal disponible une disparition de la maladie. D'autre part, à la suite d'une pluviosité anormale (pendant la saison traditionnellement sèche) en 1974/75, on a remarqué une réduction appréciable des cas de maladie pendant la campagne suivante.

Comme l'a indiqué E. LAVILLE, il faudrait connaître la nature exacte de l'agent causal, préciser les facteurs « prépondérants » dans l'expression des symptômes, le mode de dissémination par vecteur éventuel, la persistance de la « virose » dans le matériel végétal sans expression visible. Dans la pratique, on devra connaître si une éradication avec réutilisation éventuelle du matériel végétal est rentable ou non.

NÉMATODES

On ne reviendra pas sur les problèmes de méthodologie. Quelle que soit la valeur, que l'on sait relative, des évaluations de populations, celles-ci donnent des informations qui sont fréquemment en liaison avec les résultats de rendements. Les producteurs ont apporté leur caution en utilisant les traitements préconisés par l'IRFA : ils avaient donc constaté les améliorations de rendement annoncées.

A. VILARDEBO, dans une synthèse dont on cite plus loin de larges extraits, rappelle que les résultats obtenus ont été spectaculaires avant 1972, et que la récente période a vu des améliorations plus lentes sur le plan des rendements mais qui visent maintenant à diminuer les coûts très élevés des traitements.

L'élimination complète des nématodes parasites des racines dans une bananeraie est considérée comme pratiquement impossible. Un terrain infesté le reste très longtemps malgré les jachères, bien que les populations se réduisent énormément ; il semblerait qu'il existe des formes de résistance (A. VILARDEBO). Il est possible de produire du matériel végétal indemne, mais au prix d'un travail important et de dépenses élevées.

Mais on peut approcher l'assainissement du sol et du matériel végétal, et ce sont des techniques intéressantes les contrées où des jachères travaillées sont possibles, Cameroun par exemple.

Le traitement d'une population de bananiers en place depuis une durée variable sur un sol infesté pourrait avoir lieu éventuellement sur tout le volume de ce sol, ce qui nécessiterait des doses élevées. A. VILARDEBO estime qu'il est préférable de traiter le volume le plus prospecté par les racines des bananiers, c'est-à-dire grosso modo dans le mètre carré qui entoure le rhizome, et c'est

là, du fait du maximum de concentration des racines, que les infestations sont les plus élevées. C'est dans cette zone que les produits systémiques seront les plus absorbés, que ceux agissant par contact auront le maximum d'effet; puisque l'éradication n'est pas possible en traitant tout le terrain, mieux vaut s'en tenir à cette application localisée.

Un troisième point important est que les essais les plus spectaculaires ont été obtenus par R. GUÉROUT à la Station d'Anguédédou en Côte d'Ivoire, sur des sols sableux dont on peut penser que leur interaction sur l'effet des produits était faible, sinon nulle. L'effet intrinsèque de chaque composé a pu être bien défini dans ces conditions. Les essais conduits dans d'autres biotopes ont montré que le sol, par ses caractéristiques, pouvait modifier sensiblement l'efficacité. Le taux de matière organique joue un rôle mis en évidence par R. GUÉROUT.

Enfin, le dernier point qui sera développé ci-après concerne les études ininterrompues sur les nouveaux produits apparaissant, les doses d'utilisation et les périodes où elles sont le plus efficaces. On envisage aussi d'autres procédés d'application et, par ailleurs, des techniques pratiques qui permettraient quelques économies sur un poste de dépenses très élevé.

Voici, dans la version pratiquement intégrale, l'exposé de synthèse fait par A. VILARDEBO lors de la réunion annuelle de l'IRFA en 1975.

■ *Évolution récente et tendances actuelles de la conception de lutte contre les nématodes.*

- Au Cameroun (Nyombé).

D'après les essais numéros 29 et 35, il semblait que le Némacur pourrait être utilisé à des doses inférieures à 2,5 g/bananier et le Mocap à moins de 3 g. Mais l'essai n°57 est venu infirmer cette hypothèse : ces doses seraient en fait insuffisantes dans les conditions générales des plantations (doses toujours exprimées en matière active).

Dans les essais, le Némacur à 2,5 g et le mocap à 3 g (en granulés) ne donnent pas de meilleurs résultats que le DBCP (au pal), qui est très actif dans les sols volcaniques du Cameroun par suite de leur grande porosité, mais la facilité d'application des granulés permettrait d'espérer, en plantation, l'obtention de résultats supérieurs à ceux du DBCP, les traitements par injections au pal étant rarement effectués dans les conditions requises.

Toutefois, le prix très élevé des nouveaux nématicides n'est pas compensé par un accroissement important de récolte. Leur avantage principal est donc la facilité d'application.

On espérait que la présence de trois composés différents vendus par des firmes concurrentes ferait baisser leur prix respectif. Il n'en a rien été. De ce fait, au Cameroun, les nouveaux granulés n'ont pas été adoptés à une grande échelle comme ce fut le cas en d'autres pays. Bien au contraire, certains planteurs sont déjà revenus au DBCP, malgré tous les inconvénients que cela comporte.

De ce fait, une nouvelle étude est envisagée avec le DBCP en formulation liquide, toujours avec le handicap de l'application au pal injecteur. Pour tenter d'éviter ce dernier, le DBCP granulé va être expérimenté. Les études avec les autres nématicides ne sont pas délaissées mais les connaissances sur Némacur et Mocap sont maintenant suffisantes. Les études avec le Furadan sont poursuivies normalement. Par contre, tout est à étudier avec le Miral. (Ex. CGA-12223).

● En Côte d'Ivoire.

L'efficacité des traitements avec les nématicides Némacur, Mocap, Furadan, est très nettement supérieure à celle obtenue avec le Némagon. Malgré le prix élevé des nouveaux composés, aucun planteur n'envisage un retour au DBCP. Des études complémentaires avec ces composés sont encore envisagées :

- avec le Némacur dans les tourbes de l'Agnéby, afin d'améliorer l'efficacité de la lutte dans ces sols riches en matière organique ;

- avec le Furadan sous la forme granulée Fast Release.

En outre, des essais sont prévus avec le Miral, le dernier nématicide apparu.

● En Martinique.

Les traitements nématicides avaient débuté dans le nord, où les sols légers et poreux permettaient une bonne diffusion du DBCP, assurant une bonne efficacité.

Devant la difficulté d'appliquer correctement le DBCP et de vérifier la bonne exécution des traitements, les planteurs sont rapidement passés aux nématicides granulés dès leur autorisation de vente.

En 1974, 4.000 ha ont été traités aux nématicides. Les consommations peuvent être estimées à :

- 500 tonnes de Mocap ;
- 480 tonnes de Némacur ;
- 2.600 litres de DBCP formulé.

Fin 1973, une enquête nématologique fut menée sur une centaine de plantations de Martinique. Les dénombrements mensuels permirent le contrôle de l'efficacité des traitements et de l'évolution ultérieure des populations. A la suite de ces résultats, on a pu constater que la réinstallation des infestations était beaucoup plus lente qu'en Afrique et que la transposition des modalités de traitement n'était pas valable. De ce fait, afin de réduire le nombre d'applications à la stricte nécessité, à savoir en fonction des infestations, un centre de dénombrements de nématodes a été installé en 1975.

Son rôle sera de surveiller les niveaux d'infestation sur les plantations et de préciser ainsi pour chaque cas s'il y a lieu ou non de traiter.

● En Guadeloupe.

Les traitements nématicides ne sont pas encore entrés systématiquement dans le calendrier des travaux à réaliser dans une bananeraie. Cependant, depuis courant 1974 à fin 1975, 1.300 hectares sont traités aux nématicides granulés (1/2 Mocap et 1/2 Némacur), soit environ 20 p. cent des surfaces plantées (MALLESSARD).

Les études à Madagascar ont montré l'efficacité et l'intérêt des traitements, mais ceux-ci ne sont pas mis en application, pour des motifs économiques.

■ L'assainissement du matériel végétal.

Il a été étudié selon deux méthodes comme l'a exposé A. VILARDEBO.

- Pralinage du matériel végétal.

Les essais tests conduits en Côte d'Ivoire et au Cameroun ces deux dernières années sont terminés. Les résultats sont concordants. La technique actuellement recommandée et utilisée par l'OCB et la CAM.SPB au Cameroun est la suivante :

- ajouter 300 g de matière active (phénamiphos, prophos ou carbofuran) à 100 litres d'eau ; mélanger pendant 5 minutes jusqu'à obtention d'une solution homogène laiteuse ;

- ajouter 15 kg de Bentonite, par saupoudrages de la surface de la solution, sous agitation ; cette opération demande environ une heure, la destruction des grumeaux étant comprise (dispersion à la main gantée de caoutchouc) ;

- laisser reposer une nuit afin que la Bentonite ait le temps de s'expanser.

La bouillie obtenue sert au pralinage de 300 à 350 souches de belle taille.

Le matériel végétal nettoyé, débarrassé de la terre et des nécroses, mais non paré à blanc, est trempé jusqu'au collet pendant quelques secondes puis, sans le poser à terre ou le mettre en contact avec quoi que ce soit, on le porte directement dans le trou de plantation. Ce traitement, expérimenté pour la première fois en Côte d'Ivoire, a été étudié ensuite de façon plus approfondie, dans cette station et au Cameroun. Les résultats montrent :

- que ce traitement n'est pas effectué sans provoquer un choc à la plante. Ainsi appliqués sur la souche, les nématocides manifestent une certaine phytotoxicité,

- mais cette dernière est moins marquée avec du matériel de bonne vigueur, particulièrement s'il s'agit de souches de pieds n'ayant pas fleuri. Celles-ci, du point de vue agronomique, doivent être préférées à tout autre type de matériel végétal. Les essais ont montré en outre :

- qu'en terrain infesté, le traitement par pralinage était pratiquement sans effet sur les attaques ultérieures de nématodes s'ils n'étaient accompagnés d'un traitement du sol ;

- mais qu'en terrain indemne de *R. similis* ou intensément assaini, il prenait un intérêt considérable. Dans ce cas, le développement des infestations est retardé de 18 à 24 mois - 3 à 6 applications de nématocides ont pu ainsi être évitées.

Aucune expérimentation nouvelle n'est programmée. Il est probable que, après connaissance des premiers résultats avec le Miral, l'efficacité de ce dernier en pralinage sera expérimentée.

- Traitement à l'eau chaude.

Cette pratique utilisée en Amérique centrale avait séduit certains planteurs au Cameroun. La preuve de son manque d'intérêt dans les conditions d'environnement des plantations du Cameroun fut faite dans l'essai BA.CA.NYO.66 (Fruits, 1973, n°12, p. 843, Ph. MELIN et A. VILARDEBO). Une autre étude a été entreprise dans les conditions de culture de la CDC (mai 1974), dans la région de Molyko-Ekona. Les résultats confirment ceux obtenus antérieurement à savoir :

- qu'après traitement à l'eau chaude, la croissance des bananiers est réduite et le pourcentage de rentabilité (non reprise) élevé, de l'ordre de 20 à 25 p. cent (Essai C.O.B. en Guadeloupe) - qui se retrouve également sur les remplacements traités de la même façon (*R. MALLESSARD*) ;

- que les infestations dans ces parcelles sont nettement plus élevées que dans celles traitées au Némacur.

■ L'assainissement du sol.

Il a déjà été spécifié que le traitement du matériel végétal n'avait vraiment d'intérêt que si, ensuite, celui-ci était planté

dans un terrain ne contenant pas de *R. similis*, ou tout au moins très fortement assaini.

Cet assainissement intense est obtenu par une jachère d'assez longue durée.

Lors de la destruction de la culture toutes les souches et débris de souche devront être évacués du terrain. Toute repousse de bananier sera immédiatement éliminée. Par les techniques habituelles d'extraction de nématodes d'un sol, plus aucun *R. similis* n'est observé au bout de six à huit semaines dans une jachère nue, mais l'espèce n'a pas pour autant disparu. Il suffit de semer une plante-hôte, tel le maïs, pour constater que les racines sont immédiatement infestées par *R. similis*. Ce dernier persisterait donc mais les techniques courantes ne permettent pas de l'extraire, ce qui laisse supposer l'existence d'une forme spéciale de résistance. Ce n'est que lorsque cette forme a disparu qu'un sol sera considéré comme assaini. Dans les conditions du Cameroun, cela exige de 9 à 12 mois.

Pendant ce temps, il n'est pas impossible que d'autres modifications se produisent (comme par exemple une élimination de toxines), favorables à une bonne croissance ultérieure du bananier.

La jachère de longue durée est donc bénéfique par la régression du potentiel infestant des nématodes et par une amélioration des conditions agronomiques mais, pour beaucoup de planteurs, le maintien d'une superficie sans culture correspond à une réduction de la production donc à une diminution des bénéfices. Pour éviter cela, deux possibilités ont été envisagées :

- Réduction de la durée de jachère nue.

Tout d'abord, il y a lieu de connaître avec précision l'évolution régressive du potentiel infestant dans une jachère nue. Cette évolution peut être estimée par la technique du «Test Maïs». Déjà dans l'essai n°89 de Nyombé (BA.CA. NYO.89), mis en place en avril 1975, on a étudié les effets de 0-5 et 10 mois de jachère.

Il est à noter que, dans les conditions du Niéky, après six mois de jachère nue, A. LASSOUDIÈRE mentionne qu'il n'y a plus de *Radopholus* (test racines Maïs) mais, par contre, abondamment des *Haplolaimus*.

Dans un essai n°94 en prévision, les répercussions de 0-3-5-7 mois de jachères pendant deux périodes de l'année (plantation mi-janvier et mai) seront étudiées.

L'action de pratiques culturales, des labours notamment, sur la régression de l'infestation potentielle serait à estimer, toujours par la technique du test maïs. Une jachère travaillée régulièrement (passage de Rome-Plow tous les 2 mois environ éliminant les adventices hôtes telles que *Sissongho*, *Amarante*, etc. ainsi que les repousses de bananiers) s'assainirait beaucoup mieux et plus vite que des jachères non ou mal travaillées.

- Établir des jachères cultivées.

La culture d'une plante non-hôte de *R. similis* aurait les mêmes effets qu'une jachère nue avec l'avantage d'assurer une certaine rentabilité. La période entre deux cultures de bananes devra se placer alors en saison des pluies. Une jachère en arachide, Niébé-haricots, ne peut être envisagée ; ces plantes sont attaquées par *R. similis*. Le maïs est également exclu. Certaines plantes à tubercule pourront être essayées. Outre, l'intérêt économique d'une telle culture, il n'est pas impossible qu'elle ait une action favorisant la régression de l'infestation potentielle de *R. similis*.

- Réaliser une jachère traitée.

Le DD est un nématicide à forte action percutante immédiate. Sa phytotoxicité empêche son utilisation dans une bananeraie en place maïs, appliqué en sol nu, il pourrait avoir une forte action sur l'infestation potentielle présente dans le sol, permettant ainsi d'écourter la durée du temps de jachère et de réduire son coût.

300 à 500 litres de DD seraient appliqués après arrachage partiel des plantes avec enlèvement minutieux de tout fragment de souche et de repousse ultérieure. L'application du nématicide se fera par injections distantes de 30 cm les unes des autres, au moins deux semaines avant plantation, afin d'éviter tout effet de ce nématicide très phytotoxique.

Dans toutes ces études, les replantations en bananier seront faites à partir du matériel végétal traité par pralinage.

■ Études sur les traitements nématicides.

- le DBCP.

Un des essais entrepris en Guinée avec ce nématicide, en 1957, comparait l'action de la formulation liquide appliquée au pal injecteur et les granulés épandus sur le sol et incorporés à la terre par un léger binage. L'action de ces derniers fut nettement inférieure à celle des doses égales de concentré émulsionnable appliqué au pal injecteur. En outre, son prix était plus élevé. L'incorporation au sol étant coûteuse et non sans répercussion néfaste sur le système racinaire ; seul le concentré émulsionnable fut retenu et conseillé aux planteurs. L'incorporation des granulés dans le sol fut toujours recommandée en toutes cultures pour éviter les pertes par volatilisation dans l'air. Or, dans les essais entrepris en vergers d'agrumes au Maroc (A. VILARDEBO et col. Fruits), les granulés furent simplement épandus sur le sol, immédiatement après il était fait une irrigation par aspersion. Les résultats furent excellents.

Une telle application du DBCP granulé va donc être expérimentée au Cameroun, dans un essai comportant des traitements avec du DBCP liquide. Ce retour du DBCP est dicté par les considérations économiques suivantes :

Coût des traitements (Ph. MELIN - 1/1975):

	Némacur 3 fois 3 g	Némagon (DBCP) 4 fois 4cc/banancier
produit	113.526	14.344
pal injecteur		14.000
main-d'oeuvre	500	1.500
transport eau		500
total	114.026 F CFA	30.344 F CFA

Ces coûts changent avec le prix de vente très variable des nématicides. Cependant, la différence restera grande même si le prix d'achat du DBCP varie du simple au double. comme ce fut presque le cas en mars 1975.

La dose de 3 cc de DBCP, matière active (4 cc de némagon 75 p. cent v/v), est nécessaire à chaque application d'après les études antérieures. Ce sont les fréquences d'application qui varient dans l'essai BA.CA.NYO.92 prévu à Nyombé au Cameroun (2-3-4 fois par an).

Les traitements étudiés sont les suivants :

- 1 - témoin sans traitement nématicide
- 2 - parcelle, référence : Némacur 3 fois 3 g
- 3 - Némagon liquide : 2 applications
- 4 - Némagon liquide : 3 applications
- 5 - Némagon liquide : 4 applications
- 6 - Némagon granulé : 3 applications.

La dose par application est la même dans tous les traitements.

Il sera planté dans un secteur non irrigué, c'est-à-dire dans les conditions les plus usuelles des plantations du Cameroun. Aucune application ne sera faite pendant la saison sèche (fin octobre à début avril) ; après une remontée des infestations de novembre et décembre, on constate en effet une régression rapide vu les conditions climatiques. De ce fait, les nématicides n'auraient que peu d'action.

- Études avec le FURADAN.

Au Cameroun, ce composé est étudié dans l'essai n° 74 de Nyombé (BA.CA.NYO.74, avril 1973) ; le Furadan est comparé au Némacur et au Mocap. A signaler que seules les parcelles Témoin et Némacur ont reçu des applications de Képone pour lutter contre le Charançon du bananier. L'absence d'un tel traitement dans les autres parcelles devait permettre de juger de la valeur insecticide du Furadan et du Mocap.

Les traitements étudiés sont les suivants :

- 1 - Témoin sans traitement nématicide plus traitement Képone 2 fois 0,75 g m.a.
 - 2 - Némacur : 3 fois 3 g
 - 3 - Furadan : 3 fois 1,5 g
 - 4 - Furadan : 3 fois 2,5 g
 - 5 - Furadan : 3 fois 3,5 g
 - 6 - Mocap : 3 fois 3,5 g
- } aucun traitement insecticide

Parmi les résultats des deux premiers cycles, on constate :

- dans la parcelle Némacur à 2,5 g, les populations de nématodes sont 2 à 2,5 fois moindres que dans les parcelles Mocap et Furadan traitées à la dose de 3,5 g ;

- la croissance des bananiers du premier cycle a été ralentie dans les parcelles Furadan mais l'inverse s'est produit aux cycles suivants ;

- la récolte des parcelles Némacur n'est pas supérieure à celle des parcelles traitées au Furadan, malgré un meilleur assainissement du système racinaire. Or, dans les études antérieures, à populations équivalentes de nématodes, les meilleurs rendements apparaissent dans les parcelles Némacur par suite de sa phytotoxicité très faible, sinon nulle. A fortiori, il en est de même si les niveaux d'infestations sont différents. Si, dans cet essai, il n'en a pas été ainsi, c'est qu'un autre facteur est intervenu. Le Képone appliqué dans les seules parcelles Némacur en serait la raison ; en effet, une action inhibitrice de croissance et de production par cet insecticide avait déjà été constatée avec des doses supérieures à 3 g/bananiériste/an ; 1,5 g seulement a pu avoir un effet analogue.

Dans cet essai, en conséquence, il n'a plus été fait d'application de Képone (cf. Entomologie). Depuis, il semble que des résultats logiques réapparaissent puisque, en troisième cycle, fin 1975, en partie récolté, la production de la parcelle Némacur est la plus élevée.

En Côte d'Ivoire, aucun essai avec le Furadan n'est arrivé à terme. Toutefois, ce composé est largement utilisé par les planteurs aux mêmes doses que le Némacur. Cette équivalence, établie sur les seuls résultats d'un test préliminaire, confirmée par les essais du Cameroun, devrait être étudiée dans les sols de Côte d'Ivoire. Toutefois, un essai Furadan/Némacur/Mocap ne trouve plus sa place dans la situation actuelle. Mais des informations pourraient être obtenues par le biais de l'étude de la formulation «Fast Release».

Les traitements étudiés sont les suivants (Essai BA.CI.EXT.208) :

- 1 - témoin sans traitement nématicide
- 2 - Miral : 3 fois 3 g
- 3 - parcelle référence : Némacur 3 fois 3 g
- 4 - Mocap : 3 fois 4,5 g
- 5 - Furadan formulation normale : 3 fois 3 g
- 6 - Furadan formulation fast release : 3 fois 3 g
- 7 - Furadan formulation fast release : 3 fois 1,5 g.

Outre la comparaison Furadan/Némacur/Mocap/Miral, cet essai permettra de juger de la valeur de la formulation Fast Release.

- Études avec le Miral.

Miral est le nom commercial du composé CGA 12.223 de la Société CIBA GEIGY.

Le test n°175 d'Anguédédou (BA.CI.ANG.175) a montré toute la valeur de cette formulation. Des études plus approfondies en essais agronomiques sont nécessaires. Trois essais sont prévus sur trois types de sol, et les différences

entre les traitements prévus sont en relation avec la nature même de ces sols.

a - Essai en terrain volcanique (BA.CA.NYO 93) au Cameroun (Nyombé) (carré GI-2) en secteur irrigué.

Les traitements étudiés sont les suivants :

- 1 - terrain sans traitement nématicide
- 2 - parcelle référence : Némacur 3 fois 3 g
- 3 - Miral : 3 fois 2 g
- 4 - Miral : 3 fois 3 g
- 5 - Miral : 2 fois 3 g
- 6 - Miral : 2 fois 4,5 g

b - Essai en terrain ferrallitique, prévu à Azaguié (Côte d'Ivoire)

Les traitements prévus sont les suivants :

- 1 - témoin sans traitement nématicide
- 2 - parcelle référence : Némacur : 3 fois 3 g
- 3 - Miral : 3 fois 3 g
- 4 - Miral : 3 fois 2 g
- 5 - Miral : 2 fois 3 g

Une approche de l'efficacité du Miral dans ce type de sol sera fournie par l'essai n°208 (BA.CI.EXT.208).

c - Essai en terre organique.

Prévu à l'Antenne IRFA à l'Agnéby, en Côte d'Ivoire. Les traitements prévus sont les suivants :

- 1 - témoin sans traitement nématicide
- 2 - parcelle référence : Mocap 3 fois 3 g
- 3 - Miral : 3 fois 3 g
- 4 - Miral : 3 fois 2 g
- 5 - Miral : 4 fois 3 g
- 6 - Miral : 4 fois 2 g

-- Études des résidus de Miral.

Cette étude d'importance capitale a été entreprise dès le mois de mai. Les accords ont été établis avec la Société Ciba-Geigy. Les analyses sont programmées sous le n°08475 dans leur laboratoire.

Au jour 0 du traitement il est repéré des régimes d'âges variés, afin qu'ils arrivent au point de coupe 0-3-7-15-30-60 et 90 jours après l'application de 10 g de m.a. Des doigts représentatifs sont prélevés sur 3 à 5 régimes à chaque coupe et expédiés immédiatement au laboratoire de Ciba-Geigy.

Il semble, d'après les premières indications, que les résidus ne sont pas décelables aux analyses.

- Études avec le Némacur.

- Essai d'amélioration de l'activité du Némacur en terrain tourbeux.

Tous les composés chimiques, que leur action soit insecticide, fongicide ou nématicide, sont beaucoup moins actifs en sols riches en matière organique. Ce fait a été cons-

tatée par maints chercheurs. Il n'y a pas destruction de la molécule chimique ; son blocage par absorption réduit, plus ou moins, son activité. Il en résulte une diminution de l'efficacité des applications de nématicides dans la lutte contre les nématodes. On ne peut empêcher ce blocage et, de ce fait, améliorer les effets des traitements mais peut-être, en combinant doses et fréquences, sera-t-il possible de maintenir une plus forte proportion de matière disponible donc active. Cela n'est pas évident à moins d'accroître fortement les doses appliquées. Face à l'important problème de l'insuffisance des traitements nématicides dans les bananeraies établies sur les tourbes du Niéké, un nouvel essai est encore envisagé à la demande de A. LASSOUDIÈRE qui propose l'utilisation de doses annuelles élevées, épanchées en de nombreuses applications.

Le Némacur sera utilisé dans cette étude, mais, en fait, tout autre composé aurait pu être retenu. Il s'agit d'étudier l'action de la répartition dans l'année de différentes doses. Les traitements sont les suivants (essai BA.CI.ABY.202) :

- 1 - témoin sans application de nématicides
- 2 - Némacur : 3 fois 3 g (9 g/an)
- 3 - Némacur : 3 fois 4 g (12 g/an)
- 4 - Némacur : 4 fois 3 g (12 g/an)
- 5 - Némacur : 6 fois 2 g (12 g/an)
- 6 - Némacur : 6 fois 3 g (18 g/an)

CHARANÇON DU BANANIER

Quoique les premières études datent de 1946 et que de bonnes techniques de lutte aient été mises au point, le problème du charançon se repose périodiquement pour deux raisons :

- les accroissements de populations ne sont visibles qu'après un certain temps, et particulièrement lorsque les dommages sont devenus très nets sur les souches de bananiers : végétation médiocre, chutes et impossibilité de trouver un matériel sain. Ces pullulations sont dues à des négligences dans les traitements ;
- les insecticides les plus efficaces sont ou ont toutes chances d'être interdits, parce que considérés comme polluants.

Evidemment, il est important de disposer d'un critère représentant fidèlement l'état des bananiers par rapport aux charançons. Sans revenir sur les avantages et inconvénients des deux méthodes possibles, dont la première - comptages des adultes piégés - est définitivement rejetée par A. VILARDEBO au profit du coefficient d'infestation (Fruits, 1973, n°6, p. 417), comme on peut s'en rendre compte dans une citation ci-après, on peut aussi estimer qu'il devient douteux de pouvoir disposer d'insecticides fortement rémanents, comme ceux qui sont très efficaces actuellement et que, dans ces conditions, les traitements devront tenir

compte plus encore qu'actuellement du comportement des charançons adultes, qui sont des insectes assez mobiles pour que justement les dommages ne correspondent pas à coup sûr avec les populations constatées à un moment donné. En réalité, on ignore beaucoup de la biologie du *Cosmopolites* en fonction des conditions écologiques, faute de moyens pour les étudier.

La situation actuelle décrite par A. VILARDEBO doit tenir compte du fait que de fortes infestations ont eu lieu au Cameroun vers 1970, et aux Antilles encore assez récemment (certaines exploitations sont encore infestées).

- Cameroun.

L'emploi du képone (chlordecone), dont l'efficacité est très supérieure à celle de tous les autres composés, est généralisé au Cameroun. On n'observe plus d'infestations excepté dans certaines plantations où les applications n'ont pas été faites régulièrement, le problème charançon étant négligé. C'est le cas actuellement dans la zone de Penja où certaines bananeraies ont largement dépassé le seuil critique d'infestation.

Sur la station de Nyombé l'assainissement très poussé est général. De ce fait, dans les parcelles expérimentales laissées

sans traitement, les infestations ne s'accroissent que très lentement, par manque quasi-total de contamination venant de l'environnement. De tels résultats indiquent que les deux épandages effectués annuellement, même à la dose faible de 15 g constituent un traitement trop intense. En conséquence, les applications ne sont plus effectuées systématiquement et périodiquement, mais décidées en fonction du niveau des infestations. Ces dernières sont estimées par le critère du coefficient d'infestation. Les observations sont effectuées deux fois par an, pendant la période qui précède les dates habituelles de traitement (avril et octobre), afin de pouvoir effectuer immédiatement les applications si cela est devenu nécessaire.

La totalité ou partie de la bananeraie est traitée si le coefficient moyen d'infestation dépasse 5. Il est ainsi évité que les peuplements se déplacent massivement vers les secteurs non traités. Certains secteurs, les plus infestés, pourront être traités à nouveau six mois plus tard. Il est évident que bien des modalités peuvent intervenir, toutes fonction du résultat de l'observation du coefficient d'infestation.

Cette nouvelle conception des traitements de lutte contre le charançon exige une surveillance très attentive et continue. Les observations du niveau des infestations doivent être faites impérativement deux fois par an par décortilage des souches et établissement du coefficient d'infestation. Le piégeage est inutilisable.

- Martinique.

J.L. LACHENAUD rappelle l'évolution de la situation :

« Dès 1951 et jusqu'en 1956, le contrôle des infestations de charançons s'est fait presque uniquement à l'aide de l'HCH. Il s'agissait de poudre mouillable à 25 p. cent de m.a. épandue à la dose de 10 à 20 g de m.a. par bananier et par an.

L'Aldrine et la Dieldrine ont ensuite remplacé l'HCH dans la lutte contre le charançon à raison de 3 à 4 kg/ha de Dieldrine ou d'Aldrine (7 à 10 litres/ha de produit commercial à 40 p. cent).

Une accoutumance à ces deux produits a été constatée en 1964, après le passage du cyclone « EDITH » (septembre 1963), et les planteurs ont réutilisé l'HCH en augmentant progressivement les doses.

En 1972, les applications d'HCH en poudre mouillable à 50 p. cent variaient beaucoup suivant les plantations :

de 30 g/pied et par an à 100 g/pied 2 à 3 fois par an, une accoutumance à l'HCH s'étant manifestée sur certaines plantations du nord de l'île.

Le Képone, bien qu'homologué en mars 1972, n'a été employé par de nombreux planteurs qu'en 1974, ceux-ci étant autorisés à utiliser leur stock d'HCH jusqu'en décembre 1973.

Et A. VILARDEBO indique : « Une centaine de carrés sont observés régulièrement. Cette enquête a permis de constater la régression des attaques dès le premier épandage de Képone. Ces observations ont montré que deux applications par an n'étaient pas nécessaires dans la mesure (cf Guadeloupe) où il est effectué la première année deux applications régulières à doses suffisantes. Tout comme au Cameroun, la tendance est de ne faire les applications qu'à la demande.

- Guadeloupe.

Une enquête de moindre envergure a été entreprise en Guadeloupe, mais utilisant le piégeage. De ce fait, son intérêt est considérablement réduit.

Le problème essentiel reste la découverte de nouveaux produits suffisamment actifs, dans l'hypothèse où le chlordecone (Képone) serait éliminé. On ne reviendra pas sur l'extrême efficacité de cet insecticide, rapportée par A. VILARDEBO et les agronomes travaillant au Cameroun (Fruits, 1974, n°4, p. 267). Cette efficacité existe sur une « souche de *Cosmopolites sordidus* présente (au Cameroun) qui, à la suite de l'emploi intensif de la Dieldrine pendant une longue période, avait acquis une très grande résistance aux insecticides cyclodiènes et au HCH.

Dans cet article, A. VILARDEBO rappelait que ce dernier produit, l'HCH, avait été très utilisé et pouvait l'être encore (là où son usage était toléré) à raison de 2,5 g d'isomère gamma par application, sans pouvoir aller plus loin à cause d'une certaine phytotoxicité au niveau des extrémités radicales. Le fait a également été vérifié à Ivoloïna (Madagascar) par B. MOREAU. D'autres produits testés comme le trichloronate manquent de rémanence, ou sont dangereux (Fensulfothion), ou encore donnent peu de résultats (Diazinon, Dursban). Sont actuellement testés le Dotan et le LD-72656 mais, comme l'indique A. VILARDEBO : « Conséquences du bon état sanitaire général de la station de Nyombé, les parcelles témoins ont elles-mêmes faiblement infestées (coefficient d'infestation de 1 à 1,2). Toutefois, avec le temps, on a pu constater une élévation du niveau des populations, même dans les parcelles traitées avec ces nouveaux insecticides qui paraissent donc, eux aussi, d'efficacité très inférieure à celle du Képone ».

Un certain nombre d'insecticides ont également été mis en comparaison à la station de Neufchâteau, en Guadeloupe (R. MALLESSARD) : valexon, bayrusil, oftanol, le traitement de référence étant l'HCH puis le képone. Les rendements, élevés dans l'essai BA.GU.NEU.67, ne sont pas en relation avec les différences de coefficients d'infestation, comme si, jusqu'à un certain seuil de gravité, les productions n'étaient guère influencées. Ce qui rend d'autant plus insidieuses les atteintes de populations de charançons en accroissement, pour des raisons le plus souvent de manque de surveillance.

ROUILLES DU FRUIT, CHENILLES

Encore qu'elles puissent être périodiquement cause de déchets assez importants aux récoltes, on en est encore à une phase d'observations, quelques tests sur le terrain ayant cependant permis de conseiller des mesures préventives.

Certaines rouilles n'ont d'ailleurs pas pour origine un insecte, comme la rouille de maturation sur laquelle J.L. LACHENAUD a l'opinion suivante :

Elle se manifeste le plus souvent sur la partie concave des fruits de grade fort (34 et plus) par la présence de taches diffusées de teinte claire brun-jaune.

Cette affection est d'origine physiologique ; elle serait sans doute provoquée par un déséquilibre K/N. Elle apparaît surtout dans le nord de l'île (La Martinique) à la reprise des pluies, période de nitrification intense et assimilation brutale de l'azote épandu durant la période sèche, mais non disponible à ce moment pour la plante.

Le seul remède connu à ce jour est un renfort potassique durant cette période et une coupe des fruits à un grade moins élevé.

Au Cameroun, une «rouille» a été signalée par G. PLAUD et Ph. MELIN. A. VILARDEBO résume ainsi ce que l'on sait :

«Une fois de plus, cette affection a été observée sans que puisse être décelé l'agent causal. Aucun thrips n'a pu être observé. Mais un test insecticide sur régimes jeunes a montré une nette efficacité et semble prouver l'action d'un insecte. Un deuxième test, par traitement des gaines polyéthylène et papiers traités, est en cours.»

Les agronomes ont effectué des observations à chaque coupe afin d'établir la période d'apparition et de disparition de ces symptômes. Il a aussi été fait une estimation des pertes, tout au long de l'année.

Des fruits sont observés sur pied afin de déceler toute apparence anormale de l'épiderme. L'examen des fruits à la coupe doit permettre l'établissement d'une relation éventuelle des symptômes observés avec la rouille.

Il a été demandé une observation hebdomadaire d'un certain nombre de fruits afin de déterminer à quel moment de la maturation apparaît la rouille.»

G. PLAUD ayant toutefois indiqué que le gainage précoce et des traitements insecticides ont un effet favorable, comme dans le cas où les Thrips sont en cause avec certitude, il est possible que jusqu'à présent l'espèce n'ait pu être repérée.

La rouille du thrips fait l'objet des commentaires suivants de J.L. LACHENAUD, en Martinique :

«Chaetanaphotrips orchidii (MOULTON) peut occasionner des dégâts considérables avec la perte de plus de 50 p. cent de la production de certaines parcelles.»

Les symptômes sont différents de la rouille de maturation.

Ils apparaissent déjà sur des fruits de quarante jours, toujours à l'endroit où deux fruits sont en contact, le plus souvent entre deux doigts d'une même rangée, faces interdigitales. La coloration est nettement brun-rouille (de couleur plus foncée que dans le cas de rouille de maturation) et il y a toujours une zone peu atteinte juste au point de contact entre les deux doigts. En cas d'attaques particulièrement violentes la peau devient rugueuse, se fissure jusqu'au niveau de la pulpe qui se dessèche. Ces symptômes ne sont pas exactement les mêmes au Cameroun et sont observés également sur des faces ou des extrémités de doigts non en contact entre elles (R. MALLESSARD).

Les attaques les plus importantes apparaissent en Martinique à la reprise des pluies dans les bas-fonds du sud et sud-ouest de l'île. Il est exceptionnel de constater des attaques de rouille à thrips sur des fruits de premier cycle.

Un désherbage brutal non accompagné de traitement insecticide peut provoquer une «explosion» de rouille (Équateur).

Les attaques sont toujours plus importantes dans les vieilles bananeraies plus ou moins abandonnées et enherbées. Les nymphes trouvent un micro-climat plus favorable à leur développement (d'après DELATTRE et TORRE-GROSSA, INRA Guadeloupe).

Si la parcelle est fortement enherbée au début de l'attaque (et non au début de la récolte de fruits rouillés), il est recommandé aux planteurs de désherber en ajoutant dans l'herbicide un insecticide organophosphoré (méthyl-parathion, basudine, etc.).

La rouille du thrips ne cause plus de dégâts importants depuis que les planteurs du sud de la Martinique pratiquent l'engainage précoce ; dès la chute des bractées recouvrant les mains femelles et avant le retournement complet des mains. Le traitement intérieur des gaines avant la pose, par poudrage d'insecticide (basudine) comme cela se fait en Guadeloupe, ou l'utilisation de gaines prétraitées en usine (dursban) comme en Amérique centrale, permettent de diminuer sensiblement les attaques.

Cette technique donne de bons résultats également en Martinique, à condition que la gaine soit correctement attachée sur la hampe (ficelle).

Quelques attaques de thrips de la rouille ont eu lieu en Martinique en 1973, certains planteurs ne gagnant plus leurs régimes vu l'augmentation du prix du polyéthylène.»

Chenille limacodide.

Une infestation très localisée est apparue à Nyombé au Cameroun. Les symptômes d'attaque sont typiques. Ils

ressemblent en tout point à ceux de *Teinorhyncha umbra* en Côte d'Ivoire à savoir une défoliation plus ou moins intense du bananier, pouvant ne laisser que quelques centimètres de limbe le long de la nervure centrale.

A la mi-mars, l'attaque était terminée. Trois chenilles ont été récoltées. La coloration générale est vert clair, légèrement grisâtre, avec une tache dorsale de couleur crème avec deux ponctuations noires, à mi-longueur du corps.

Deux rangs de tubercules sont disposés tout le long du corps. Ceux du rang inférieur sont longs et coniques ; ils portent de longues cires très urticantes. Ceux du rang supérieur sont mamelonnés et portent de courtes épines à l'exception de ceux des extrémités, plus développés, roses à leur base, porteur de piquants plus longs.

D'après les informateurs, l'attaque a eu lieu en janvier.

Les dégâts ont été minimes car la défoliation n'a été que partielle. De plus, le secteur infesté n'était pas très grand.

La présence de chenilles desséchées sur les feuilles laisse penser qu'elles ont été parasitées par un champignon, virus ou bactérie.

Il serait intéressant de mettre des chenilles en élevage pour obtenir l'adulte et l'identifier.

Il est indispensable de connaître dès que possible la réapparition d'une ou des attaques et d'en mesurer l'évolution et l'étendue afin de pouvoir intervenir le cas échéant. Tout insecticide de contact pourrait être utilisé. Le Carbaryl convient très bien (article paru sur *Teinorhyncha umbra* dans Fruits, en 1964).

Toutefois, ce cas isolé et probablement accidentel est

beaucoup plus rare, comme le signale Ph. MELIN, que les attaques de *Plusia chalytes* qui sont très classiques au Cameroun en octobre-novembre et qui peuvent justifier des interventions (carbaryl, à 900 g m.a. à l'hectare dans l'huile de traitement contre la Cercosporiose, appliqué par voie aérienne). A noter que le cultivar «Popoulou» est particulièrement sensible à cette chenille (R. MALLES-SARD).

Les exposés de l'ensemble des travaux de phytopathologie, virologie, nématologie et entomologie font ressortir quelques faits qui serviront de conclusion à cet important chapitre des activités de l'IRFA.

Bien que des solutions aient été dégagées pour la plupart des problèmes sanitaires, elles conservent un caractère provisoire, soit que l'on craigne l'apparition de lignées ou de formes résistantes aux pesticides, fongicides, soit que les produits efficaces disparaissent du marché à cause de leur toxicité.

On ignore encore beaucoup de la biologie des parasites, au sens large, pour expliquer les différences qui surviennent dans des diverses écologies, qu'elles soient dues aux conditions édaphiques ou micro-climatologiques. Parfois cette ignorance est plus profonde : marbrure des feuilles au Cameroun par exemple.

Toutefois, il est possible actuellement d'obtenir un état sanitaire d'une bonne moyenne en appliquant les traitements conseillés par les spécialistes, et donc des bananiers pouvant se développer normalement, s'ils disposent, outre les conditions de température, d'éclairage et d'atmosphère adéquates, des ressources minérales et hydriques nécessaires. C'est l'objet du chapitre suivant.

FERTILISATION EN BANANERAIE

ÉTUDES AGRO-PÉDOLOGIQUES

La fertilisation s'adresse au sol de la bananeraie qui doit devenir apte à une nutrition régulière des plantes qui s'y trouvent. On peut concevoir une nutrition minérale qui donne au bananier ce qu'il lui faut, selon les phases où il se trouve. Ceci a été réalisé dans les bacs de végétation (P. MARTIN-PRÉVEL, J.M. CHARPENTIER), le sable qui servait de support étant aussi dépourvu d'éléments nutritifs après qu'avant chaque étude.

Sauf dans le cas de bananeraies jeunes (les deux premiers cycles de production) où il est possible d'apporter, dans une certaine mesure, les fumures minérales en fonction des besoins des plantes au cours des différentes phases de leur développement, on doit obtenir en général que le sol puisse céder aux bananiers le nécessaire, alors qu'ils se trouvent en des états variés.

Les sols évoluent constamment sous l'effet des conditions pédoclimatiques créées par le drainage, l'irrigation, le travail manuel ou mécanique et le tassement. Les solutions pour la fertilisation ne peuvent donc être constantes dans le temps, mais varient sensiblement. Les moyens pour se rendre compte de la situation sont essentiellement l'observation des bananiers (symptômes), les données de croissance et de rendements, les analyses physiques et chimiques des sols, les analyses d'organes représentatifs des bananiers.

Les conseils de fertilisation dans une écologie donnée (un terroir) se caractérisent donc par des règles générales (par exemple sur les sols ponceux de Martinique, cendreaux du Mungo au Cameroun, limono-argileux d'Ivoloina à Madagascar, etc.) et par des règles particulières au niveau de chaque exploitation, dont le passé, tout particulièrement dans les régions à sol désaturés, intervient fortement sur le présent.

Cela signifie que les recherches porteront sur les aspects généraux dans les unités de terroir, et qu'une organisation sous forme de services doit pouvoir préciser la fertilisation dans chaque cas. On peut seulement espérer que des actions prolongées, sur lesquelles on reviendra, amèneront progressivement toutes les exploitations existant au sein d'une unité écologique au même état de fertilité des sols.

Un exposé de synthèse fait par J. GODEFROY présente plus particulièrement cette activité de recherches.

«Les études pédologiques réalisées ces dernières années ont été orientées sur trois thèmes principaux :

- Évolution des fertilisants minéraux et organiques dans le sol.
- Action des fertilisants minéraux et organiques sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol,

- Évolution à long terme des caractéristiques physiques et chimiques des sols sous culture.

ÉVOLUTION DES ÉLÉMENTS

MINÉRAUX ET ORGANIQUES APPORTÉS AU SOL

Plusieurs méthodes, généralement complémentaires, peuvent être utilisées.

Les méthodes au champ.

On peut suivre l'évolution des éléments minéraux dans les sols par des analyses fréquentes, par exemple mensuelles, ou bien récupérer avec un dispositif approprié les eaux de drainage et de ruissellement après chaque pluie et les analyser (case de drainage utilisée à Azaguié en Côte d'Ivoire, ou bougies poreuses creuses équipées d'une pompe permettant de prélever un échantillon de la solution du sol à une profondeur donnée).

Les méthodes sur modèles.

On peut en imaginer un grand nombre : celles-ci peuvent se concevoir au champ, par exemple : la méthode des sacs utilisés pour étudier l'action des résidus de culture sur l'évolution de la matière organique et de la structure (cf. thèse J. GODEFROY) ou encore la méthode des lysimètres tels que les buses utilisés pour des études de carences minérales.

Ces méthodes peuvent également se concevoir au laboratoire : technique des incubations utilisée pour les études d'ammonification et de nitrification de l'azote, ou encore technique des lysimètres de petit volume (1 à 2 litres). L'intérêt de ces méthodes est de pouvoir éliminer un certain nombre de facteurs de variations et de pouvoir mettre en évidence des mécanismes. Comme pour toutes les méthodes, l'important pour l'expérimentateur est d'en connaître les limites et de ne pas vouloir en tirer plus d'informations qu'elles ne peuvent en donner.

Nous résumerons assez rapidement le bilan des diverses études, celles-ci ayant généralement fait l'objet de publications.

Bilan de sept années d'études sur la lixiviation des éléments fertilisants dans un sol ferrallitique d'Azaguié réalisé en collaboration avec l'ORSTOM (M. ROOSE). Les résultats ont été publiés dans *Fruits* (1975, n°4). Nous rappelons seulement l'importance de tous les éléments apportés par la fertilisation c'est-à-dire - N - K - Ca - Mg - à l'exception du phosphore (<10 kg/ha/an). Aux prix actuels des engrais, les pertes représentent une

dépense de 100.000 F CFA/ha/an, soit 70 p. cent des investissements consentis pour les engrais (1 F CFA = 0,02 francs français).

Ces pertes sont en relation avec un drainage élevé : 500 à 700 mm/an à Azaguié, et avec la faible capacité d'échange du sol, mais elles sont également liées aux quantités d'engrais épandues et au mode d'épandage. Ainsi nous avons pu montrer dans des expériences en lysimètres in vitro, d'une part, que le pourcentage des pertes en potassium croît avec les quantités apportées, d'autre part que, pour une même quantité d'engrais potassique épandu, les pertes sont d'autant plus élevées que l'épandage est plus localisé, c'est-à-dire que l'on crée des zones à forte concentration en K échangeable (CODEFROY, non publié).

Dans les sols hydromorphes minéraux de bas-fonds, on observe des pertes par lixiviation du même ordre que dans le sol ferrallitique étudié.

Nous n'avons pas fait de mesures de la lixiviation dans les sols volcaniques du Cameroun ; néanmoins, certaines observations faites soit au champ, soit au laboratoire, laissent supposer que, si les engrais azotés sont rapidement lixiviés, les engrais potassiques, dans les quelques cas où des apports se justifient, seraient soumis à une lixiviation relativement faible.

En ce qui concerne l'évolution des amendements organiques et des résidus de culture, nos travaux ont montré qu'en conditions tropicales la matière organique fraîche, qu'il s'agisse de fumier, de pailis, de résidus de culture du bananier ou d'autres résidus, comme les parches de café ou coques de cacao, se minéralise extrêmement rapidement et les rendements de transformation de ces matières organiques en humus sont faibles. Les éléments fertilisants apportés par ces amendements passent donc rapidement dans la solution du sol et sont facilement lixiviables au même titre que les engrais minéraux.

Les résidus de culture du bananier, très aqueux et pauvres en lignine et cellulose, laissent peu d'humus résiduel ; néanmoins, compte tenu de l'importance des résidus qui sont du même ordre de grandeur que sous forêt tropicale, 10 à 15 t/ha/an de matière sèche, le bilan humique des sols de bananeraie est équilibré.

ACTION DES FERTILISANTS MINÉRAUX ET ORGANIQUES SUR LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU SOL

Après avoir étudié l'évolution des éléments apportés par les fertilisants, examinons quelle est l'action des engrais minéraux et organiques sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol. Les méthodes utilisées sont les mêmes que pour les études précédentes.

a) Aspect chimique.

Nous n'insisterons pas sur le fait évident que l'apport d'un

élément minéral se traduit toujours par une augmentation de la teneur dans le sol, à moins qu'une très forte pluie n'entraîne l'engrais immédiatement après l'épandage.

Dans les sols de bananeraie que nous avons étudiés, que ce soit en Côte d'Ivoire, à Madagascar ou au Cameroun, les phénomènes de rétrogradation sont généralement faibles et la quasi-totalité des éléments minéraux apportés se retrouve dans le sol sous forme d'éléments échangeables ou assimilables. Il y a tout de même deux exceptions à signaler : 1) Pour le phosphore : lorsque les teneurs du sol sont très faibles, une fraction, variables suivant les types de sol, se fixe dans le sol sous une forme non assimilable, 2) pour l'azote : lorsqu'on enfouit une matière organique à C/N élevé, une fraction ou la totalité de l'azote minéral apporté par les engrais peut être immobilisée c'est le phénomène bien connu du blocage de l'azote.

Les engrais azotés, mais particulièrement le sulfate d'ammonium, entraînent un déplacement des cations et corrélativement une acidification du sol (essais BA.CI.AZA.108 en Côte d'Ivoire et BA.CA.NYO.1 (N.P.K.) au Cameroun). Les apports de soufre ont la même action acidifiante, comme l'ont très nettement démontré les essais réalisés au Cameroun. Pour cette raison, dans les sols déjà fortement acides, le sulfate d'ammonium pourra avoir une action sur la productivité du bananier inférieure à celle de l'urée ; au contraire, dans les sols très riches en calcium comme ceux du Cameroun, le déplacement du calcium dû à l'apport de sulfate ou de soufre pourra être bénéfique. Nous avons là un bon exemple de l'intérêt des études agropédologiques ; elles permettent d'interpréter des observations agronomiques apparemment contradictoires.

En raison de la loi des échanges entre cations, l'apport excessif d'un cation, par exemple de potassium, peut provoquer une diminution du Ca et du Mg. Ces phénomènes d'échange ont été bien mis en évidence dans les essais « excès » du Cameroun. Précisons toutefois que, pour des doses normales de fertilisation, ces phénomènes d'échange sont peu importants.

Enfin, pour en terminer avec les caractéristiques chimiques, examinons l'action des divers amendements organiques en tant que source d'éléments nutritifs.

Les écarts de conditionnement des régimes de bananes : hampes et bananes elles-mêmes, ainsi que les parches de café et les coques de cacao, enrichissent fortement le sol en potassium, le fumier accroît sensiblement la teneur en P et plus faiblement celles en Ca et Mg. L'enrichissement du sol par le paillage est variable suivant l'origine et la nature du pailis.

En Côte d'Ivoire, où la technique du paillage est encore assez répandue et, à un degré moindre, celle de l'utilisation des résidus de récolte : bananes - hampes - parches de café - coques de cacao, on ne tient généralement pas compte des éléments nutritifs apportés par ces amendements afin de diminuer d'autant la fertilisation minérale ; cela nous semble une erreur et réduit certainement la rentabilité de ces techniques.

b) Aspect physique.

En ce qui concerne les caractéristiques physiques du sol, les épandages d'engrais minéraux ont peu d'action si ce n'est une action indirecte : le piétinement du sol, donc son tassement, par les ouvriers lors des passages (diminution de la macroporosité). En Côte d'Ivoire, les seuls épandages d'engrais, représentent 15 à 20 passages, ce qui malgré tout est faible par rapport au nombre de passages nécessaires pour les herbicides, insecticides, nématicides, les sarclages, oeilletonnages, comptages, engainages, la récolte et divers contrôles.

Le paillis a un effet bénéfique très net sur :

- le bilan hydrique (diminution de l'évaporation),
- la porosité (diminution du tassement dû aux précipitations ou à l'irrigation et aux passages des ouvriers),
- le ruissellement (réduction et même élimination de l'érosion).

Le fumier a un effet très positif sur le bilan humique et sur la structure du sol. Toutefois, son action sur la productivité, comparativement à la fertilisation minérale, n'ayant pas été nettement démontrée, cette technique est peu répandue dans les pays producteurs de bananes à l'exception des îles Canaries. Cette pratique est par ailleurs difficilement concevable dans les grandes exploitations, car elles nécessiterait la création de véritables « usines » de fabrication de fumier.

EVOLUTION DU SOL SOUS CULTURE

Deux méthodes d'investigation peuvent être utilisées :

- suivre l'évolution du sol par des analyses périodiques (généralement annuelles) sur une longue durée. Exemples : Cameroun, essai N.P.K., seize années ; Côte d'Ivoire, essai Fumure organique, dix-sept années.
- rechercher des sites où existent en juxtaposition sur le même sol des bananeraies et des îlots forestiers. Compte tenu du fait que les sols forestiers sont en équilibre climacique, les caractéristiques actuelles des sols forestiers sont les mêmes que celles des sols de bananeraies au moment de la déforestation.

L'avantage de la première méthode sur la seconde est de permettre une étude cinétique de l'évolution ; on pourra observer par exemple que telle caractéristique varie très fortement les premières années après la mise en culture puis se stabilise ; son inconvénient est le temps que nécessitent de telles études.

Au Cameroun, des sols de très belle structure et chimiquement très riches n'ont pas été modifiés sensiblement dans leurs caractéristiques après seize années de culture sans aucune fertilisation ou avec simplement une fumure azotée.

En Côte d'Ivoire, où les sols sont très pauvres en éléments fertilisants, les sols s'enrichissent sous culture bananière. En revanche, dans tous les cas observés, la structure et la

perméabilité des sols sont moins bonnes sous bananeraie que sous forêts. Cette détérioration de la structure dans les sols cultivés est due, pour une part, à une faible protection du sol par la végétation contre l'action dégradante des précipitations, d'autre part à une différence qualitative de la matière organique. La matière organique des sols forestiers, plus riche en composés facilement biodégradables que celle des sols cultivés, a une action plus efficace sur la structure (Fruits, 1975, n°10, p. 595-615).

En guise de conclusion, nous reprendrons deux idées d'un rapport d'une récente mission en Côte d'Ivoire de J. CHAMPION, qui paraissent essentielles car elles reflètent un changement très net dans la conception de la fertilisation.

Comme le souligne J. CHAMPION, il convient de bien faire la distinction entre la fertilisation qui concerne le sol et la nutrition qui concerne la plante. Jusqu'à présent, dans les bananeraies industrielles, on a surtout fait de la fertilisation. Ainsi, en Côte d'Ivoire, on apporte en moyenne par an au sol 300 kg de CaO et 200 kg de MgO à l'ha, alors que les besoins nutritifs de la plante sont seulement de 10 kg/ha de chacun de ces éléments.

Les études que nous avons faites, et dont nous avons exposé les résultats majeurs, montrent qu'il est extrêmement onéreux de vouloir faire de la fertilisation dans certains sols tropicaux tels que ceux de Côte d'Ivoire. Il serait peut-être préférable de chercher à maintenir une fertilité minimale, presque à la limite de la carence, plutôt que de vouloir amender le sol.

La deuxième idée, qui complète la première, est la suivante : « faut-il réagir contre la tendance qu'ont les agronomes de travailler avec des apports excessifs d'engrais et autres produits, c'est-à-dire avec une sécurité maximale qui ne coïncide pas avec la rentabilité optimale ? Certains producteurs agissent d'ailleurs ainsi, alors que nous pensons qu'il est plus intéressant, sur le plan scientifique autant que sur le plan de la rentabilité, de travailler juste au début du palier des rendements élevés ».

Un bon nombre d'essais de fumure minérale sont réalisés par les agronomes sans que l'agro-pédologue ait la possibilité matérielle d'intervenir. Certains seront rappelés dans un autre chapitre qui traite plus particulièrement de systèmes de culture que l'on doit adapter à des écologies peu communes telles l'Agnéby en Côte d'Ivoire.

Plusieurs observations sont cependant à faire :

- la première est que l'amélioration du système radical a modifié considérablement le taux d'utilisation des engrais et que le manque de réponses constaté dans des anciens essais peut en partie s'expliquer ainsi.
- la seconde est que la nutrition azotée est bien la plus délicate à appliquer, et que la tendance a été dans le passé de travailler avec une forte marge de sécurité ; en période difficile de montée des prix, on doit mieux préciser les besoins réels. L'une des solutions est théoriquement de

multiplier les épandages avec des doses plus faibles au total. Les essais antérieurs se sont toujours caractérisés par la variabilité des résultats, comme si la condition essentielle était que les bananiers, à des moments bien précis, devaient toujours trouver l'azote disponible, résultant d'un épandage ou d'un autre.

Dans l'essai BA.CA.NYO.59 au Cameroun, sur sols volcaniques jeunes, l'application de doses par plant et par an de 90, 180 et 270 g d'azote n'a pas donné de résultats sensiblement différents : les rendements au premier cycle étant d'ailleurs élevés et de l'ordre de 54 à 56,7 tonnes de bananes en régimes à l'hectare ; et le fait d'avoir appliqué ces différentes doses en 3, 6 ou 12 fois dans l'année n'a pas eu de conséquences intéressantes. Le second cycle, moins bon selon Ph. MELIN, suite à une recrudescence des nématodes parasites des racines, a eu des rendements variant de 46,9 t/ha à 55,3 t/ha, mais avec un classement disparate :

180 g de N en 3 épandages	55,4 t/ha régimes
270 g de N en 6 épandages	55,3
180 g de N en 6 épandages	53,3
270 g de N en 3 épandages	52,1

Les épandages de 90 g de N ont donné des rendements de l'ordre de 49,2 à 49,9 t/ha. Il est donc possible qu'il y ait une légère action « doses », si l'analyse statistique décèle une différence significative.

Une autre solution consisterait à utiliser des engrais azotés à action lente, dont, en général, sous climat tempéré, l'ammonisation et la nitrification sont freinées du fait que les substances de base sont des molécules plus lourdes. On a mis en essai au Cameroun, et plus récemment en Côte d'Ivoire, deux produits ; l'un est le Nitroform (HERCULES), une urée-formaldéhyde polymérisée, donc très similaire à des fabrications expérimentales de l'ONIA qui furent essayées en Guinée de 1956 à 1959, d'ailleurs avec succès sur bananier 'Nain', puis 'Poyo'. L'autre est le Floranid de la BASF qui contient 90 p. cent de son azote sous forme de Crotonur et dont la base est le CDU (Crotonylidène diurée). Un troisième produit : Isodur, à base d'isobutylidène diurée, n'a pas encore été essayé.

J. GODEFROY a vérifié en laboratoire la vitesse de minéralisation et de nitrification, effectivement plus lente pour Crotonur et Nitroform que pour l'urée et le sulfate d'ammoniaque.

L'essai installé à Nyombé (Cameroun) comparait huit épandages d'urée, huit de sulfate d'ammonium, quatre et deux épandages de chacun des deux produits commerciaux proposés. Cependant, au premier cycle, la dose d'azote par bananier (200 g) a été trop élevée pour que des différences notables apparaissent : les rendements ont été très bons (entre 62,1 et 63,4 t/ha de régimes). On décida de réduire la dose au deuxième cycle à 100 g, soit la moitié : des rendements de 60,2 à 62,3 t/ha furent obtenus selon les traitements, donc sans différence notable. Au troisième cycle, on interrompit les apports d'azote, ce qui se manifesta (G. PLAUD) par une déficience et une chute des rendements assez importante, mais ne révéla pas des arrières-actions très nettes des engrais à minéralisation lente :

Traitements	Poids moyen régimes (kg)	Tonnage/ha en régimes
1 - urée 8 épandages	26,7	46,1
2 - sulf. ammo. 8 épandages	26,7	47,2
3 - Nitroform 2 épandages	27,1	50,2
4 - Nitroform 4 épandages	26,5	46,9
5 - Floranid 2 épandages	26,2	44,4
6 - Floranid 4 épandages	27,0	47,9

Il est possible que le protocole de cet essai n'ait pas été suffisamment complet, mais de toute évidence, aucune action nette ne s'en dégage.

Un essai implanté à Azaguié (Côte d'Ivoire), sur sol complètement différent, n'avait pas encore apporté de résultats en 1975.

Lorsqu'on examinera les problèmes qui se posent dans le cas très particulier des terres organiques, dans un autre chapitre, on aura à considérer à nouveau les études agro-pédologiques qui y sont faites ou à faire.

En ce qui concerne les sols « minéraux », qui sont les plus nombreux J. GODEFROY a bien marqué l'importance de certains problèmes primordiaux pour la conservation de la fertilité :

« - prendre garde à l'évolution des sols, qu'elle soit physique (tassements) ou chimique (pertes minérales, dégradation du complexe) ;

- envisager la répartition des apports sur l'ensemble du terrain, lorsque l'état sanitaire des racines est amélioré ;

- considérer que les problèmes sont spécifiques en grande partie selon les types de sol ».

CONTRÔLE DE LA NUTRITION DES BANANERAIES PAR ANALYSE D'ORGANES

On sait que l'IRFA a attaqué le problème du contrôle de nutrition des bananeraies par analyse d'organes dès 1952 avec J. DUMAS, puis avec P. MARTIN-PREVEL et ses collaborateurs. Les techniques ont évolué au cours de ces

vingt et quelques années sans avoir toutefois abouti à l'impact pratique qu'on s'estimait en droit d'attendre, c'est-à-dire à l'utilisation courante d'un diagnostic relativement aisé et sur des états nutritionnels. Aussi a-t-il paru

opportun de faire ici le point de l'application - au cas particulier des bananeraies et en 1975 - de la méthode généralement désignée sous le nom de «diagnostic foliaire» (D.F.).

PROBLÈME DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Élaborée à l'origine pour le contrôle de nutrition des plantes arbustives pérennes, la méthode du D.F. interroge, pour connaître l'état nutritionnel d'un verger, les feuilles de la pousse de l'année en cours (pousse principale quand il y en a plusieurs). Le prélèvement se fait :

- à un stade défini du développement de la feuille : croissance terminée dans tous les cas, «maturité» acquise ;
- à une saison définie de l'année : normalement celle correspondant au maximum de stabilité de la composition foliaire et, si possible, de reproductibilité d'une année à l'autre quand les besoins nutritifs ne varient pas ;
- à une phase définie du cycle annuel de l'arbre.

Ces feuilles étant issues d'un bourgeonnement et d'une croissance discontinue, un seul paramètre - la date de prélèvement - combine les trois définitions ; les seules autres variantes notables concernent la position sur l'arbre, le type de rameaux et, parfois, la conservation ou non du pétiole (voire sans limbe) dans l'échantillon.

Chez le bananier, le bourgeonnement foliaire et la croissance sont continus jusqu'à la floraison, le développement est le plus souvent disjoint des saisons, et les feuilles sont peu nombreuses mais très grandes. Il devient donc nécessaire :

- de considérer séparément, et indépendamment des saisons, le stade de la plante et celui de la feuille (ce dernier définissant par ailleurs la position sur la plante ;
- de s'accommoder de l'interaction stades x saisons (variation possible des normes de référence avec ces dernières) ;
- de choisir une portion de la feuille petite et bien définie.

Abordant ces problèmes avec des orientations déterminées par leur tournure d'esprit personnelle et leurs contraintes de travail propres, les chercheurs de diverses nationalités ont défini des méthodes d'échantillonnage du bananier fort divergentes. Dans le même temps que l'IRFA simplifiait la sienne en abandonnant certaines prescriptions trop strictes pour être commodément respectées - choix de sous-stades extrêmement précis en période végétative -, il la compliquait en ajoutant aux prélèvements retenus d'autres fragments de feuilles, destinés à permettre des recoupements avec une partie des données étrangères. (D'ailleurs l'étude des bilans complets rappelée précédemment suggérait des prélèvements sur plusieurs organes différents, chacun d'eux ne pouvant prétendre qu'à une part de la représentativité globale). La réciproque n'ayant pas été rendue et la situation s'aggravant d'année en année avec l'entrée sur la scène mondiale de nouvelles «écoles», P. MARTIN-PRÉVEL lançait un appel à la coopération et une enquête à la suite

de laquelle il écrivait (Fruits, 1974, n°9, p. 583) : «La diversité des techniques est encore plus grande qu'elle n'apparaît dans la bibliographie, et continue à s'accroître.

Lorsqu'on connaît l'intensité :

- des gradients existant entre les diverses parties de la feuille du bananier,
- des gradients d'une feuille à l'autre,
- des variations liées à l'âge de la plante,

on ne peut guère espérer que les données chiffrées de chaque chercheur puissent être d'une réelle utilité pour les autres.

Il a donc consacré une part importante de son activité à préparer, en liaison avec E. FERNANDEZ-CALDAS, Recteur de l'Université de Ténérife (Canaries), un colloque international qui s'est tenu en 1975 aux Canaries, quelques jours avant la réunion annuelle de l'IRFA. Un compte rendu en sera donné dans un prochain numéro ; les documents et résultats en seront présentés par la suite dans cette revue. L'essentiel est qu'on ait «renversé la vapeur» de l'individualisme, un accord ayant eu lieu sur une méthode commune d'échantillonnage de référence.

Cette méthode servira désormais de base à tous les travaux sur la nutrition du bananier de l'IRFA, complétée lorsque nécessaire par des prélèvements combinant les stades antérieurement définis avec les autres particularités de la norme internationale. La référence adoptée concerne en effet un seul stade de la plante, or on peut désirer suivre celle-ci à plusieurs étapes de sa vie, ou opérer un diagnostic sur une bananeraie sans attendre que ce stade y soit représentatif de la population moyenne.

PROBLÈMES DE L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Nous laisserons de côté ici l'emploi de l'analyse foliaire dans l'interprétation des essais agronomiques. Dans ce cas, l'observation suivie des plantes permet presque toujours de tirer parti des données analytiques car, en principe, elle donne les moyens d'y discerner les effets des apports minéraux et du contenu du sol d'une part, les effets des réactions de la plante d'autre part.

Des précisions sont apportées par P. MARTIN-PRÉVEL que l'on cite in extenso dans les pages suivantes :

«L'information fournie par les analyses vient alors s'intégrer à l'ensemble des données recueillies dans l'essai et contribue à en tirer les conclusions, qui feront l'objet d'une publication lorsque la matière le justifie et d'un rapport interne dans tous les cas.

Cette information vient aussi accroître le capital global dont a besoin l'emploi pratique du D.F., lequel consiste à tirer des recommandations concrètes d'une analyse effectuée dans une plantation donnée à un moment donné, hors de toute observation continue.

a) Cas de l'azote.

Chez le bananier, les réactions de la plante sont rapides du fait de la différenciation et de la croissance continues des organes (feuilles puis parties florales). La notion d'utilisation des éléments absorbés prend de ce fait une importance considérable qu'elle n'a pas chez les plantes arbustives, ni même chez les dicotylédones annuelles (arachide, coton) ou chez les monocotylédones annuelles à cycle saisonnier (céréales). De nombreux exemples recueillis dans les essais agronomiques le démontrent ; ainsi, dans un essai au Cameroun, on n'a obtenu aucune augmentation de teneur en azote, malgré une grande précision des résultats, sous l'effet de fertilisations azotées ayant donné de fortes augmentations de rendement (tableau ci-dessous).

L'explication se trouve dans les mensurations et nombres de feuilles : l'azote a intégralement servi à fabriquer un supplément de masse foliaire, de même teneur en cet élément que chez le témoin. Bien que non significative, la tendance est même à la diminution. Un démarrage vertical ou inversé de la courbe fondamentale du D.F., qui relie aux teneurs foliaires les croissances ou rendements, est certes classique mais non obligatoire et, en tout cas, va rarement aussi loin : une productivité globale de 40 tonnes/hectare n'est déjà pas si mal.

Il y a toutefois accord avec l'observation puisque le responsable de l'essai, Ph. MELIN, a signalé un aspect de carence en azote dans tous les traitements ; et on peut retenir que, sous réserve d'ajustements en fonction des lieux, cultivars et saisons, le bananier est en état de répondre à une fertilisation azotée quand les types d'échantillons prélevés ici contiennent respectivement moins de 2,25 et 2,45 p. cent d'azote. Les valeurs obtenues en carences artificielles en Côte d'Ivoire sont du même ordre pour des plantes de même âge, mais elles sont nettement plus élevées quand il s'agit de plantes plus jeunes (J.J. LACOEUILHE et P. MARTIN-PRÉVEL (Fruits, 1971, n°3, p. 161). Tous les recoupements sont d'ailleurs convergents sur l'existence d'une forte décroissance des divers niveaux de référence (carence, déficience, optimum ...) pour l'azote, le phosphore et le potassium au cours de la vie végétative du bananier, avec une tendance à la stabilisation à partir de l'initiation

florale pour N et P mais non pour K. Les résultats obtenus sur la première révolution du même essai BA.CA.NYO.1 en sont un bon exemple (cf. comm. n°57 au Colloque sur la Fertilité des Sols tropicaux, Tananarive, nov. 1967).

Les doses d'azote expérimentées au début de cet essai enjambaient sans l'explorer la zone des réponses maximales. Pour sa troisième révolution, on les a réduites de moitié. On peut néanmoins constater que l'effet d'une même quantité d'azote par plante, soit 150 g (dose moyenne N1 des deux premières révolutions ou dose maximale N2 de la troisième), a varié selon les années (tableau page suivante).

Le gain de tonnage/hectare/an apporté en première révolution par la seconde dose d'azote n'a pas été étudié statistiquement ; s'il ne bénéficiait pas de la probabilité de 95 p. cent habituellement retenue comme seuil de signification, on devrait cependant noter qu'il est rentable, même au prix actuel des engrais (à condition toutefois qu'il n'augmente pas trop le pourcentage de régimes refusés).

On remarquera dans ce tableau :

- 1) l'excellente reproductibilité, malgré les différences d'année, de cycle et de saison, des teneurs en N résultant d'une même dose d'apport de cet élément ; pour la zone 1/3 du limbe, $196 \pm 0,01$ p. cent chez le témoin, $2,02 \pm 0,02$ p. cent chez le traitement à 150 g d'azote, $2,11 \pm 0,02$ p. cent chez le traitement à 300 g.
- 2) l'existence d'une relation entre : d'une part, les teneurs en azote, d'autre part, non pas les rendements mais la possibilité ou non d'élever les rendements par la fertilisation azotée. C'est une loi fondamentale du D.F. sur toutes plantes mais on a trop tendance à la perdre de vue. En R1 C2, la première dose d'azote (150 g/plant - 273 kg/ha/an) augmente le rendement de 17,4 t/ha/an, soit 71 p. cent d'un témoin plafonnant à 24,4 t/ha/an. En R3 C2, la même dose augmente le rendement de 27 t/ha/an, mais à partir d'un témoin qui est déjà à 42,4 t/ha/an : en valeur relative la majoration se ramène à 64 p. cent, du même ordre que celle obtenue six ans plus tôt.
- 3) l'extrême étroitesse des écarts entre la teneur en azote en cas de carence prononcée (1,96 p. cent) et ce qui paraît assez proche d'un niveau critique (2,02 p. cent) ; la situa-

Essai BA.CA.NYO. 1 - 4ème révolution - 1er cycle.

N reçu g/plant/ an	Stade initiation florale approximative					Récolte		
	N (% de matière sèche)		Mensurations (cm)		Nombre feuilles vivantes	Poids moyen des régimes en (kg)	Production t/ha	
	F I (bandes de limbe non subdivisées)	F III	H	C			exportable	totale
0	2,27	2,48	161	47,8	13,3	18	20,2	28,3
37,5	2,23	2,47	189	54,5	13,8	21	26,5	34,4
75	2,20	2,39	210	59,3	14,5	23	33,2	40,6
PPDS 5%	N.S.	N.S.	8,4	1,81	0,5	0,7	3,4	-

Essai BA.CA.NYO.1 : Comparaison d'analyses foliaires effectuées au stade récolte.

Révolution (R) et cycle (C)	Dose d'azote g/plant/an	Durée de cycle en jours	Régimes récoltés %	Poids moyen régimes (kg)	Tonnage par cycle t/ha	Rendement temporisé t/ha/an	Teneurs de l'ADFC* - N % de matière sèche			Époque moyen. de récolte
							nervure	1/3 interne	2/3 exter.	
R1 C2	0	379 **	92 (n.a.)	15,2 **	25,3 **	24,4 (n.a.)	-	1,95 **	-	juin
	150	295 n.s.	90 (n.a.)	20,7	33,8 n.s.	41,8 (n.a.)	-	2,02 **	-	mars
	300	277	94	20,7	35,3	46,4	-	2,09	-	mars
R1 C3	0	(i) -	(i) 33 (n.a.)	(i) 16,9 **	(i) 10,2 (n.a.)	(i) -	-	1,96 **	-	février
	150	-	73 (n.a.)	21,7	19,0 (n.a.)	-	-	2,00 **	-	novem.
	300	-	78	21,7	29,5	-	-	2,13	-	novem.
R3 C2	0	293 **	84 n.s.	(e) 22,3 **	34,1 (n.a.)	42,4 (n.a.)	0,67 n.s.	1,97 n.s.	2,29 n.s.	janvier
	75	263 n.s.	89 n.s.	28,6 n.s.	46,1 (n.a.)	64,0 (n.a.)	0,68 **	1,93 +	2,37 n.s.	novem.
	150	261	94	29,1	49,7	69,4	0,79	2,04	2,43	octobre

(n.a.) : non analysé statistiquement.

(i) : cycle interrompu par la replantation : poids moyens surestimés, % de récolte et tonnages/cycle surestimés, surtout chez le témoin

(e) : régimes exportables seulement

* ADFC = avant dernière feuille au stade coupe régime.

tion est un peu moins défavorable entre ce dernier et l'optimum ou début de luxe (2,11 p. cent). Comme déjà constaté dans les essais de Guinée, le stade récolte traduit mal la nutrition azotée : la marge d'erreur sur une parcelle individuelle y affecte un même ordre de grandeur que la différence entre carence et bonne nutrition. Toutefois les optima trouvés pour ce même stade par des enquêtes sur plantation, que ce soit au Cameroun en 1975, en Côte d'Ivoire ou aux Antilles, en diverses années, se situent dans des échelles de valeurs décalées par rapport à celle-ci ; et la marge de variation, en Côte d'Ivoire comme autrefois en Guinée, s'y révèle un peu moins étroite. En fait, il reste actuellement nécessaire, pour le diagnostic des besoins en azote dans les plantations, de procéder par comparaison de parcelles ou d'établir des normes pour chaque enquête.

4) en R3 C2, l'absence de différence significative entre les teneurs en azote du témoin et celles de la dose 75 g, déjà très proche de l'optimum accessible. L'effet de dilution signalé en période végétative est encore plus marqué, sans doute parce que le régime, d'après les études de bilans, accapare 40 p. cent de la masse d'azote contenue dans l'ensemble de la plante et parce qu'il a dû différencier un volume total de doigts proportionnel à cette disponibilité.

Les stades antérieurs du bananier fleuri, éliminés par J. DUMAS à la suite de ses premiers travaux, pourraient être plus favorables : la croissance foliaire y est terminée, mais le régime n'a encore prélevé qu'une partie de l'azote accumulé. Le meilleur stade devrait à cet égard être l'apparition de l'inflorescence, mais comme norme internationale provisoire on a pris un stade un peu moins précoce afin de permettre l'évaluation de ce que sera la récolte.

5) l'absence de différences statistiquement significatives dans la partie externe du limbe lorsqu'elle a été étudiée (R3 C2) ; J. DUMAS avait déjà montré qu'elle était affectée d'une grande variabilité. Contrairement à une opinion très répandue, la richesse d'une feuille ou partie de feuille en un élément ne signifie donc nullement qu'elle soit plus intéressante pour son diagnostic. Ici, au contraire, la nervure est de loin la plus pauvre en N des trois parties de l'ADFC analysées, mais elle présente les différences les plus significatives. On retrouve, dans l'ensemble, le même classement entre les trois types d'échantillons dans les autres essais pour lesquels on dispose à l'heure actuelle d'une étude statistique à la fois sur les teneurs en azote et sur les réponses du bananier à cet élément :

Valeurs F calculées pour les teneurs en N de l'ADFC

Essais	nervure	limbe 1/3 interne	limbe 2/3 externe
BA.CI.AZA. 108			
1er cycle	9,8 **	5,4 *	3,8 n.s.
2e cycle	130 ****	19,2 ***	31,0 ***
BA.CI.AZA. 160			
cycle unique	7,0 **	1,6 n.s.	0,4 n.s.

La faiblesse de la nervure, en valeur absolue, est cependant gênante pour certains laboratoires ; son prélèvement dans les essais agronomiques n'est concevable qu'au stade récolte. Le choix d'une partie interne du limbe comme norme internationale de référence est donc un moyen terme susceptible de donner satisfaction d'une manière générale.

b) Cas des éléments autres que l'azote.

Avec eux, les réactions de croissance et développement sont moins rapides et moins quantitatives qu'avec l'azote : les variations de teneurs sont donc à la fois plus amples et plus faciles à interpréter. Malheureusement, depuis la cessation des activités en Guinée, il n'y a eu qu'un nombre très restreint d'essais de pleine terre (tous au Cameroun) et la série des carences artificielles (Côte d'Ivoire) pour fournir à la fois des réponses significatives aux apports minéraux différenciés et des échantillons foliaires à analyser. D'autres données, guère plus abondantes, ont été fournies par l'analyse de cas isolés porteurs de symptômes visibles et par quelques enquêtes systématiques de D.F. sur des séries de plantations.

Les cas isolés permettent généralement de déterminer des niveaux correspondant aux anomalies ; si le prélèvement est bien fait, l'analyse des individus à la limite de l'anomalie (sains dans la parcelle malade) fournit les valeurs charnières encore plus utiles à connaître.

Les enquêtes permettent, à l'aide des méthodes exposées jadis dans cette revue par J. DUMAS puis par P. MARTIN-PRÉVEL et ses collaborateurs, de définir les limites de l'optimum des principaux éléments pour chaque région et chaque saison où un nombre suffisant de prélèvements a été réalisé, à condition de connaître les productivités réelles des parcelles échantillonnées et d'éliminer l'incidence des parasites de toutes sortes. L'enquête la plus récente, réalisée en 1974-75 dans six pays en vue du Colloque des Canaries avec J. MARCHAL, J.P. BLONDEAU, J. GUILLEMOT, A. LASSOUDIÈRE, G. PLAUD, B. MOREAU et J. KAPLAN, est en cours de dépouillement par des méthodes statistiques appropriées sous la responsabilité de P. LOSSOIS.

Malheureusement, il est rarissime d'avoir connaissance des améliorations qui ont pu être obtenues par les producteurs intéressés à la suite des recommandations formulées pour chaque parcelle, et encore plus exceptionnel de

confronter ces améliorations avec de nouvelles analyses : la confirmation des normes et leur souhaitable recoupement entre régions et saisons y perdent d'autant.

Si pour la plupart des éléments il est maintenant possible de diagnostiquer au vu d'une analyse isolée un trouble sérieux (déficience, excès ou déséquilibre accusés), le diagnostic des écarts plus bénins, correspondant à une possibilité d'augmenter le rendement ou la qualité en l'absence d'anomalies visibles, nécessite encore le plus souvent le recours à des prélèvements comparatifs simultanés, les normes n'ayant pu être établies pour toutes les régions et toutes les saisons.

On peut résumer ainsi la situation d'ensemble :

Phosphore : un cas de déficience vérifié (Fruits, 1971), valeurs intermédiaires observées dans des cas-limites, début de l'optimum ou du «luxe» supposé connu au Cameroun par contre-coup de la réponse de croissance à l'azote.

Soufre : niveaux de déficience et de réponse connus par les essais du Cameroun (Fruits, 1972), mais il faut prendre garde aux variations considérables des teneurs apparentes selon les méthodes de dosage utilisées.

Potassium : les valeurs optima apparaissent très différentes selon les pays, plus faibles aux Antilles qu'en Côte d'Ivoire et au Cameroun. L'amplitude de variation des teneurs en K est extrêmement large, et ne paraît pas comporter l'effet de dilution qui gêne le diagnostic de l'azote : malgré une forte variabilité intrinsèque, K est avec Mg l'élément le plus facile à diagnostiquer chez le bananier, à condition de tenir compte au moins autant des équilibres entre K et les deux autres cations Ca et Mg que des teneurs en K lui-même.

Calcium : le cas des besoins accrus du très jeune bananier issu de souche ne peut être résolu par l'analyse de Ca car il s'agit de combattre un excédent variable d'acidité : c'est cette dernière qu'il faudrait déterminer. Mais on a de bons recoupements quant aux teneurs souhaitables en Ca, et surtout aux équilibres souhaitables entre ce cation et les deux autres, pour le bananier au stade récolte ; du reste un cas de déficience ainsi diagnostiqué chez un planteur a été guéri par chaulage.

Magnésium : de nombreux cas de déficiences et quelques cas d'excès ont été recensés et leur diagnostic, qui

repose autant sur les équilibres avec K et Ca que sur les teneurs en Mg lui-même, ne fait aucune difficulté. Cependant les limites de l'optimum gagneraient encore à être mieux précisées.

Manganèse : les études effectuées au Cameroun et en Côte d'Ivoire ont permis de définir non seulement des teneurs correspondant aux symptômes de carences, mais des niveaux où la plante est susceptible de répondre à des apports de Mn (qualité du fruit) malgré l'absence de symptômes. Des teneurs extrêmement élevées peuvent être

observées sans effet nocif apparent (Martinique en particulier), et on n'a relevé qu'un cas de symptômes d'excès (Cameroun).

Zinc : la carence en zinc, même avec symptômes graves, ne correspond pas toujours à une diminution de teneur en cet élément : il peut y avoir, comme pour l'azote, régularisation par la diminution de masse foliaire, avec des augmentations de teneurs en éléments majeurs et notamment en P (Fruits, 1971). Toutefois, dans un cas observé en août 1975, on a trouvé dans les feuilles atteintes environ 15 ppm de Zn au lieu des 20 à 30 ppm normales.

QUALITÉ DES FRUITS ET ÉTUDES TECHNOLOGIQUES

La qualité du fruit s'obtient par différentes techniques qui débutent dès la sortie de l'inflorescence à l'air libre et se poursuivent jusqu'à la consommation. La banane étant récoltée verte, à un stade de grossissement qui exclut une maturation précipitée, pour l'exportation, la protection s'exerce selon divers objectifs. Il faut donc définir tout d'abord ce qu'on entend par qualité, encore que le sujet ait souvent été abordé dans cette revue.

Pour le consommateur de fruits frais, la banane doit avoir un bel aspect (peau jaune, à la rigueur légèrement tachetée à pleine maturité, mais sans plages noires ou coupures), pulpe aromatique, plus ou moins mûre et sucrée selon les goûts. L'esthétique a pris certainement plus d'importance qu'autrefois, d'ailleurs l'évolution est très générale.

Les bananes doivent être protégées, en conséquence, aussi bien contre les accidents mécaniques que contre les agressions biologiques. Depuis des années, des recherches ont eu lieu sur ces protections, mais il faut observer que les producteurs sont de plus en plus conscients qu'il ne suffit pas de faire croître de beaux bananiers, mais qu'il est indispensable de réduire les déchets, souvent très importants, et qui se traduisent en pertes importantes de revenus.

On a déjà signalé les études relatives à la protection contre les vents, aux ablations de bourgeons et mains du bas des régimes, et aux procédés de gainage. M. BEUGNON (Fruits, 1974, n°1, p. 17) a décrit le mécanisme d'apparition de certaines blessures de frottement, par action des apex de bananes sur les faces dorsales des fruits sous-jacents. La méthode équatorienne, qui consiste à écarter les mains toutes jeunes de la tige florale (décrite à la deuxième réunion internationale FAO, Guayaquil ; cf. Fruits, 1972, n°12, p. 865) n'a pas donné satisfaction ; les techniques d'insertion entre les mains de coussins de déchets de polyéthylène, continus ou discontinus, sont par contre efficaces et leur rentabilité probable dans les régions où cette sorte de dommages est fréquente. Elles sont appliquées sur quelques exploitations importantes du Cameroun.

Les soins qui doivent être apportés à partir de la récolte pour éviter les chocs et même tout contact abrasif ont fait l'objet de nombreux conseils ; le système de transport sur câble d'acier (décrit par P. SUBRA, Fruits, 1971, n°12, p. 807) n'a pu être transposé aux Antilles et en Afrique, sauf dans de rares situations, du fait de topographies moins favorables qu'en zones bananières américaines, mais de grands progrès ont eu lieu pour les supports à régimes, les véhicules de transport, etc.

La protection contre les atteintes fongiques, d'ailleurs la plus souvent liées à la présence de plaies même minimes, débute parfois en champ (*Deightoniella*) mais, dans les pays où l'IRFA opère, les traitements ont lieu juste avant l'emballage, sur fruits coupés en clusters, lavés et égouttés. On a rappelé précédemment les grands progrès enregistrés, la diminution spectaculaire des déchets par pourritures, ainsi que la vigilance qui s'impose quant à l'éventualité de résistances aux fongicides.

Les modes d'application des fongicides ont donné lieu à controverses ; sur le plan de l'efficacité intrinsèque le trempage est certainement excellent, alors que la pulvérisation fine peut être incomplète. Mais les concentrations dans les bacs de trempage, ou dans les solutions recyclées, sont difficiles à contrôler, et les réajustements sont tout à fait empiriques. P. FROSSARD (Fruits, 1975, n°12, p. 745) a observé les variations de dilutions d'un sel chimique, en solution aqueuse, au fur et à mesure du trempage de clusters de bananes lavés et égouttés selon le processus de travail habituel en ateliers. La consommation de produit a été de 7,7 g à la tonne. Quoiqu'il soit souvent nécessaire de vérifier le comportement des formulations fongicides elles-mêmes, on peut admettre avec ce spécialiste qu'il faut 4 g de Benomyl ou 8 g de m.a. de TBZ par tonne traitée. En fait, seule une pulvérisation très fine et suffisamment prolongée en solution perdue, assurerait une bonne application en permanence, mais le prix en est notablement plus élevé. Ph. MELIN estime que cela n'est pas certain et préfère la sécurité de la teneur. J. BRUN estime que, dans ce cas, il faudrait des teneurs de 1,5 à 2 fois celles des bains (qui sont

200 ppm de benlate ou 400 ppm de TBZ).

Quel que soit le procédé adopté, on sait qu'il peut être très efficace lorsqu'il est effectué selon les règles. Dans la perspective d'une automatisation croissante en atelier d'emballage, la pulvérisation en solution perdue et pendant un temps constant et précis des fruits paraît être la voie d'avenir (J. CHAMPION). Cette pulvérisation, ou mieux atomisation, sera grandement facilitée lorsque l'on disposera de formulations complètement solubles dans l'eau (H. GUYOT).

Pour ce qui concerne le transport des bananes, l'IRFA a participé (R.M. CADILLAT et R. DEULLIN) à des observations de fruits de Martinique ayant voyagé en conteneurs (expéditions expérimentales : Compagnie Générale Transatlantique et SICABAM).

On est donc dans le domaine de la **technologie** et, en suivant le sort des fruits, on parvient à l'opération de **mûrissement des bananes**. Le problème se pose différemment selon que l'on se trouve dans un pays recevant du fruit ayant voyagé plus d'une semaine au froid, ou que l'on est dans le pays même de production. La différence ne réside pas dans les principes, mais dans les conditions. En Europe, les installations de mûrissement sont parvenues à un haut degré de perfectionnement et le matériel permet de maîtriser la température, l'hygrométrie, l'atmosphère (injection d'éthylène, élimination de l'anhydride carbonique). D'une manière générale, la tendance est de sortir du fruit rapidement, à un stade souvent « plus jaune que vert », mais qui convient sinon au consommateur, du moins aux modes de commercialisation modernes. Les pertes en mûrisseries ayant très sensiblement diminué depuis l'emploi des fongicides du groupe du benzimidazole, les problèmes posés par cette phase ultime ont perdu actuellement beaucoup de leur importance.

Le problème de la **conservation** des plantains pour une assez longue durée a été posé en Côte d'Ivoire, du fait que l'approvisionnement des centres urbains - Abidjan et les agglomérations satellites - est saisonnièrement insuffisant.

On pouvait se demander quelles étaient la possibilité, la durée et les conditions (techniques et économiques) d'un stockage en entrepôt. A. LASSOUDIÈRE puis J. GUILLEMOT ont procédé à des essais portant sur les paramètres température, humidité, atmosphère de conservation, les notations devant tenir le plus grand compte de la qualité en vue de l'utilisation culinaire la plus traditionnelle (le foutou). Les températures basses à humidité élevée provoquent malgré tout des pertes de poids importantes par dessiccation. On a pu conserver des plantains (cv 'Corne') jusqu'à 44 jours à 8°C, avec frisure sous-épidermique, mais ils sont trop avancés en maturation ; à 8°C, 21 jours, ils conviennent au « foutou ». Mis en sachets de polyéthylène de 30 microns d'épaisseur, à 12°, et sous atmosphère raréfiée (vide partiel), on conserve parfaitement 34 jours et assez bien jusqu'à 44 jours, après quoi la qualité « foutou » diminue sensiblement. Le fruit pourrait rester consommable sous d'autres formes jusqu'à 80 jours. Dans tous les essais les traitements antifongiques étaient nécessaires. D'autres expérimentations

devraient confirmer ces résultats et préciser les méthodes pratiques. Une étude économique sur le coût du conditionnement et de l'entreposage devrait permettre de comparer le prix de revient d'une culture intensive de plantains à contre-saison à celui du fruit de « cueillette » conservé longtemps avant commercialisation.

Les spécialistes de technologie de l'IRFA sont consultés pour le mûrissement en pays tempéré, mais également pour la même opération en pays chaud. Il faut alors, dans ce dernier cas, distinguer le mûrissement destiné à la consommation « en frais » du mûrissement à des fins d'utilisation industrielle des bananes.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le mûrissement dans les villes des régions soudano-guinéennes ou sahéliennes se fait mal, les températures étant trop élevées. Même en régions humides, les fruits restent verdâtres. Les techniques, très artisanales, consistent à traiter au carbure, sous bâches. Le Service de Technologie a donné plusieurs modèles de mûrisseries adaptées à ces conditions. En général, on doit disposer d'une chambre isolée convenablement, d'un appareillage de réfrigération qui peut être seulement un conditionneur d'air, d'un bon humidificateur et d'un bon système d'aération par ventilateurs. On doit ramener la température de la pulpe à 17-19°C et suivre alors divers processus étudiés antérieurement par G. DUVERNEUIL.

Avant de considérer le mûrissement industriel en vue de transformations des bananes, il faut rappeler que les écarts de triage, selon L. HAENDLER et coll., peuvent être dans le monde de 0,6 à 1,4 millions de tonnes, et qu'une faible part est actuellement rationnellement utilisée. Cet apparent gâchis est dû à diverses difficultés signalées ci-après.

L'une est que, pour toutes transformations de bananes mûres, le poste de dépenses de mûrissement pèse lourdement sur les prix de revient. A la suite des premiers travaux faits aux Antilles (H. GUYOT), on a constaté que le mûrissement par simple pulvérisation ou trempage en solutions aqueuses d'éthrel pouvait largement diminuer les frais. Il s'agissait d'une première formulation riche en esters. En réalité, il faut bien noter avec J. GUILLEMOT que ces applications assurent une évolution rapide de la peau, avec déverdissement rapide, alors que la pulpe n'est pas encore mûre. Ceci convient aux industriels qui désirent surtout un fruit facile à éplucher. Ce décalage se maintient (essai 157 Côte d'Ivoire) et la pulpe ne devient consommable que lorsque le péricarpe est « tigré », et ensuite le dégrain est rapide. Il indique également que les solutions agissent entre 0,2 et 3 p. cent de produit commercial, mais que les résultats ne deviennent réguliers qu'au-dessus de 1 p. cent. Les bananes sont au stade « jaune bout vert » après 5 jours à 18°C ; après 4 jours, à température ambiante (25 à 30°C), elles sont « jaune or ». Les essais réalisés au Cameroun par trempage comparaient une première formulation d'éthrel riche en esters à une autre forme (à 480 g par litre de m.a.) riche en acide. Le premier produit permet une maturation plus rapide : 4 jours au lieu de 6, mais il n'est plus commercialisé actuellement. Le produit courant à 480 g/litre de m.a. est utilisé à 0,5 pour mille m.a. Au Cameroun également, on a montré qu'une solution



Photo 17. Haubanage contre les effets des vents. Station de Neufchâteau (Guadeloupe).



LA PROTECTION DU RÉGIME EST UNE NECESSITÉ

Photo 18. L'intercalage de coussins de polyéthylène évite les frottements entre les fruits. Ce régime est suspendu au cableway (Équateur).

LES SYSTEMES DE CULTURE



Photo 19. La mécanisation est peu développée et reste le plus souvent limitée à la préparation des terres (ici, fossés de plantation).



Photo 20. Des techniques anciennes comme le paillage (mulch) restent très utiles dans les cultures paysannes en zone sahélienne.

pouvait conserver son activité environ un mois. Le traitement est plus efficace sur fruits fraîchement récoltés. G. DUVERNEUIL estime qu'on pourrait employer industriellement un brouillard ou une pulvérisation sous tente, ou dans un couloir protégé où les régimes circulent sur rail, la solution étant à 3 p. cent d'éthrel CA 68-47 (480 g/l de m.a.).

Les produits de transformation à partir de bananes.

Les essais de techniques de fabrication de ces produits ne sont pas nouveaux à l'Institut, mais des améliorations ont été apportées et des fabrications expérimentales ont eu lieu.

Pour les bananes séchées, le problème reste celui des débouchés, le marché étant étroit, les prix d'achat assez bas. A la suite des contacts avec une société de produits diététiques et biologiques, une fabrication pilote de deux tonnes de bananes séchées a été réalisée au Cameroun pour définir la technique semi-industrielle de fabrication et le niveau des prix. Une série d'essais préliminaires en four industriel a fourni les échantillons destinés à un panel de dégustation (par l'utilisateur et par le personnel parisien de l'IRFA). On en a déduit les paramètres de fabrication à retenir. Les bananes provenaient des écarts de triage du cultivar 'Poyo', de l'exploitation IRFA de Nyombé, triés puis traités à l'éthrel 0,5 p. mille. Un nouveau choix avait lieu après mûrissement, et 10,5 tonnes de bananes furent transformées en 2,343 tonnes de fruits séchés. La perte de poids à l'épluchage est environ 30 p. cent et la perte de poids au séchage est de 70 p. cent.

Le séchage est réalisé au four à air pulsé sur 115 m² de claies réparties en cinq chariots. La charge des claies est d'environ 15 kg/m² soit, par journée, une charge totale de 1700 kg aboutissant à une production de 510 kg de bananes séchées. La température de séchage est environ 70°C et le temps nécessaire varie de 16 à 21 heures.

Le produit est refroidi pendant 10 heures avant d'être emballé dans des cartons mis ensuite sous polyéthylène. Mais ce temps pourrait être diminué. Il est à noter que, pour cette fabrication, les fruits après épluchage étaient trempés dans du jus de lime au lieu d'être traités au métabisulfite de potassium. Toutes les précautions étaient prises pour éviter les diverses contaminations.

L'étude du prix de revient a montré qu'à cette échelle il restait élevé, ce qui paraît dû au coût de l'énergie locale. Il faudrait mécaniser l'épluchage et travailler en four semi-continu, ce qui doit être étudié.

Des essais de séchage ont été réalisés à Kaédi (Mauritanie) : les fruits mûris naturellement sont coupés en rondelles de 2 à 3 cm d'épaisseur et séchés au soleil en 48 heures. Le produit obtenu, beaucoup plus sec que les bananes séchées classiques, est bien accepté par la clientèle locale. Mais les prix de revient restent élevés malgré la simplicité de la technique, ce qui paraît dû à la valeur marchande du fruit frais (2 F/kg, départ plantation).

On doit conclure que la banane séchée ne permet qu'une faible valorisation des déchets. Ce qu'on connaît de cette industrie, en Équateur par exemple, est qu'il est nécessaire de traiter de grandes quantités de bananes écartées de l'exportation et acquises à très faible prix, ce qui n'existe que près de grandes stations de conditionnement.

Les croustilles ou «chips» de bananes ne sont pas des produits nouveaux, mais ils sont ignorés sur les marchés européens et africains. Les premières études faites à Neufchâteau, en Guadeloupe, avaient abouti à rédiger un projet de création d'unité industrielle mais, jusqu'ici, les promoteurs privés, quoiqu'intéressés, n'ont encore rien réalisé. Dans des conditions très différentes de celles des Antilles, au Cameroun, des essais ont été faits à la Station de Nyombé, depuis 1972. On a étudié la nature et les caractéristiques de l'huile de cuisson, le couple temps-température, les variétés de bananes. Des panels de dégustation ont eu lieu. On a précisé les assaisonnements et les conditions de conservation, notamment en ce qui concerne le caractère «croustillant» des chips. Après cette phase, on a retenu le traitement des fruits de 'Poyo' et de 'Plantain' dans l'huile d'arachide, en lamelles de 1 cm d'épaisseur plongées 1,5 à 2 minutes dans l'huile à 180°C. Mais le prix de l'huile d'arachide est anormalement élevé dans ce pays (825 F CFA le litre). L'huile de colza avait un prix moindre (50 p. cent) mais elle fut interdite à l'importation en 1974. En 1974-75, des essais ont été faits avec les bananes de cultivars 'French plantain sombre' et 'Popoulou' (un bananier du Pacifique ayant des fruits courts et très épais). Ce dernier donna les meilleurs résultats avec un temps de friture de 1,5 mn à une température de 150-180°C et un assaisonnement sel-piment et sel-oignon. On utilisa de l'huile de palme produite dans le pays traitée préalablement par la chaleur (250°C), refroidie et filtrée. Cette opération permet d'obtenir une huile moins parfumée, plus fluide, fumant moins et d'une belle couleur jaune orangé.

Un mois après fabrication les dégustations montrent que le produit a conservé ses qualités, mais on aurait intérêt à utiliser des sachets d'emballage en film complexe multicouches plutôt que les sacs de polyéthylène simple qui ont été utilisés.

Les consommateurs africains apprécient l'arôme d'huile de palme, lequel plaît moins aux clients étrangers, mais un bon assaisonnement rend le produit très acceptable et même apprécié.

Le rendement est de 57 p. cent de bananes par rapport aux régimes entiers. De ces bananes, on tire 53 p. cent de croustilles. Dans le prix de revient, les postes les plus importants sont l'énergie (pour la friteuse), l'huile, la main-d'oeuvre et l'emballage. En fabrication expérimentale, le sachet de 125 g pouvait être proposé à 50 F CFA (1 franc français) (J.J. BABAER, M. FOYET).

Les essais de fabrication de jus de banane n'ont pas jusqu'à présent abouti à des produits acceptables, mais les études se poursuivent, avec l'objectif d'incorporer ce jus à des «cocktails» d'autres jus de fruits. Des essais ont été faits

à Nyombé (M. FOYET, J.P. CHAUVIN) consistant à mûrir des bananes à l'éthrel, à les éplucher, couper et broyer avec addition d'acide ascorbique (0,1 p. mille) et d'acide citrique (0,5 p. mille). Des essais de pressage ont été effectués en utilisant des charges (parches de café, balles de riz) qui permettent un bon drainage dans la masse. On a traité également la pulpe avec des enzymes pectinolitiques. La parche de café à 25 p. cent du volume et un temps de contact de une heure avec de la rapidase C, ont donné les meilleurs résultats.

On a obtenu un rendement de 85 p. cent de jus par rapport au poids de pulpe. Ce jus était jaune foncé légèrement pulpeux. Un goût et une couleur convenables ne peuvent être obtenus qu'avec une parche de café parfaitement propre. Les essais d'incorporation à des jus de grenades, de pomelos, d'ananas, de papayes, n'ont pas encore donné satisfaction.

Quoique l'IRFA ait reçu plusieurs demandes pour la mise au point de techniques de fabrication d'alcools de bananes (de bouche, ou industriel), le problème n'a pas encore été réellement étudié. Sauf cas très particulier, le prix de revient de l'alcool industriel est trop élevé. Il est également possible de fabriquer du vinaigre et de l'acide acétique, ce qui pourrait intéresser les producteurs de caoutchouc (l'IRCA s'intéresse à cette question).

On sait que les farines de certaines variétés de bananes sont traditionnellement faites dans les villages (est africain) après séchage au soleil et pilage. Il existe une très faible fabrication de «cossettes» de bananes vertes et de farines entrant dans la composition de poudres instantanées pour déjeuner. Mais, assez récemment, un contact avec un laboratoire a permis d'envisager une utilisation en pharmaco-

logie pour le traitement des dérangements intestinaux chez les enfants. Il est possible que la procédure d'homologation du produit aboutisse et, en vue de celle-ci, des échantillons ont été réalisés.

Il est à noter que des poudres de fruits tropicaux, parmi lesquels la banane, ont été obtenues (R. HUET) par dessiccation de la pulpe de fruits mûrs dans un four à micro-ondes, sous vide (Fruits, 1974, n°5, p. 399). Ce procédé n'exige pas d'investissements trop importants et peut entrer dans des installations de transformation de tout format.

On peut encore signaler dans les explorations technologiques la confiture de bananes. Les essais de Nyombé ne sont pas sans intérêt ; le produit, quoique d'une couleur brun-rouge, est apprécié des consommateurs de la région, et il reste à mettre au point un mode de conditionnement peu onéreux et à étudier le bilan économique.

Par des études antérieures on savait qu'il était possible de stabiliser la pulpe de banane, et ce point sera vérifié au Cameroun, pour notamment l'obtention de forts «boîtages» 3/1 et 5/1. Enfin, pour terminer, il faut signaler une demande de bananes surgelées (après épluchage), pour une utilisation très limitée il est vrai, dans le domaine des dérivés de produits laitiers.

En ce qui concerne la physiologie du fruit après la récolte, on doit citer les études de Antoinette MATTEI, sur les émissions volatiles de la banane au cours de sa maturation dans diverses conditions, de température en particulier. Ces travaux, faits au CNRS et à l'Université de Paris VI, sont réalisés en liaison avec l'IRFA (R. HUET, P. DUPAIGNE). Ce dernier a publié des mises à jour relatives à l'arôme des bananes.

ÉTUDE DE SYSTÈMES DE CULTURE

Les facteurs principaux en jeu sont :

- l'objectif économique :
en fonction de la destination des fruits pour consommation locale, après transport terrestre ou fluvial de courte durée pour exportation (en conditions ventilées - et, ou réfrigérées)
- les contraintes écologiques :
culture bananière en zone sèche soudano-sahélienne, guinéo-soudanienne,
culture bananière en zone à saison fraîche,
culture sur les sols organiques
culture en régions peu ensoleillées.
- ou encore les conditions socio-économiques :
culture extensive à Madagascar, culture dans les régions à coût de travail élevé, etc.

Il est difficile, vu le nombre et les dimensions des bananeraies des Stations de l'IRFA, d'expérimenter et comparer différents systèmes ; aussi donne-t-on ici la conception que l'on a, suite à des observations et essais localisés, du système à préconiser. Cependant, pour la région de l'Agnéby (Côte d'Ivoire), il sera possible de s'étendre plus, du fait que l'on y dispose de vastes surfaces pour l'expérimentation.

Les cultures pour consommation locale.

Dans les pays où les bananiers peuvent persister sans irrigation (zone humide généralement forestière), les populations paysannes sont généralement bien pourvues en bananes douces de variétés extrêmement rustiques proches de 'Pomme' (satama, focona, etc.). Elles ne sont pas très bonnes, mais ne demandent pratiquement pas de soins. La situation est toute autre en ce qui concerne les plantains.

La culture traditionnelle comporte presque toujours deux volets :

les plantains de villages qui profitent de conditions exceptionnelles en recevant une grande part des résidus de toute nature, humaine et animale ; ils constituent une réserve alimentaire non négligeable ;

les plantains qui sont introduits dans la culture après déforestation ; c'est une culture itinérante de faible durée : après 3 ans en moyenne, la terre est abandonnée au recré forestier pour un nombre variable d'années.

Ce système se poursuit depuis des centaines d'années, mais s'est trouvé modifié lorsque des espèces nouvelles ont été introduites dans le système cultural (manioc par exemple) ; les paysans ont établi empiriquement des sortes de rotations et d'associations sur lesquelles on n'insistera pas. La dégradation de la production des plantains tient à de nombreux facteurs. L'un est le fait que ces bananiers exigent beaucoup de potassium en un court laps de temps, et que le retour plus fréquent sur les mêmes superficies (les populations s'accroissent en général) ne permet pas l'établissement d'un recré forestier important. De plus, certains sols finissent par ne plus avoir de réserves minérales, même en profondeur. Un autre facteur est le parasitisme croissant ; des prédateurs comme les charançons se sont largement étendus en Afrique depuis 30 ans et leurs dommages finissent par être graves.

Les questions posées à l'IRFA sont de savoir si une culture paysanne peut être maintenue et améliorée et, éventuellement, si un système plus intensif est réalisable économiquement. Par ailleurs, on étudie certains cultivars de remplacement, comme cela a été indiqué précédemment. Les opinions des agronomes sont d'ailleurs différentes selon qu'ils se trouvent dans un pays ou un autre. En Côte d'Ivoire, les cultures paysannes semblent pouvoir fournir d'assez grandes quantités, mais saisonnièrement. Il y a un sous-approvisionnement en été. Les rendements d'essais avec le cultivar 'Corne', le plus cultivé, ont jusqu'ici plafonné à 16 t/ha, ce qui ne saurait payer les frais d'une culture intensive. Il est toutefois prévu de procéder à d'autres types d'essais agronomiques, en particulier sur la conduite de la plante. L'amélioration de la culture traditionnelle pour l'obtention de récoltes mieux placées (à l'époque du creux) passerait obligatoirement par l'irrigation. Et ceci amène à l'intensification et à tous ses problèmes.

La marche suivie au Cameroun est différente. Dans ce pays, le manque de production affecte surtout le centre (région de Yaoundé). Alors qu'il est fréquent que l'on veuille améliorer par degré, en tentant de définir puis de réduire les facteurs limitants les uns après les autres, les agronomes de l'IRFA ont tout d'abord essayé de définir le potentiel variétal de certains plantains. Ph. MELIN, G. PLAUD, H. TEZENAS du MONTCEL, à Nyombé et Ekona, ont réalisé une série d'essais, qui doit d'ailleurs s'étendre. Ces essais en culture intensive font appel à toutes les techniques éprouvées sur d'autres bananiers. Il a été montré que la conduite à une ou deux tiges du cultivar 'French plantain sombre', dont le produit est le plus apprécié dans

beaucoup de régions du pays, était la meilleure méthode de culture. Par ailleurs, les traitements contre les charançons sont indispensables, par contre il semble que les dommages dus aux nématodes parasites des racines soient moins graves qu'on ne le pensait. Les rendements obtenus en régimes sont de l'ordre de 30 tonnes/ha par cycle, ce qui est relativement faible dans les conditions de Nyombé. Il est toutefois vraisemblable que, si ce niveau pouvait être atteint sur les sols appauvris du Centre-Sud, en utilisant tous les moyens de fumure et d'irrigation, des exploitations commerciales pourraient être rentables. Ce serait encore plus vrai au Gabon où, étant donné le très mauvais approvisionnement des villes, la banane plantain atteint des prix trop élevés.

Il existe bien des cultivars plus productifs, comme 'N' Jock Corn' (Cameroun) qui est une forme naine et massive de 'French plantain', capable de donner 50 t/ha en premier cycle en culture irriguée, mais dont les fruits sont un peu moins appréciés que ceux du cultivar 'French sombre' ; de plus, la croissance des rejets est lente, ce qui laisse un terrain découvert après récolte. H. TEZENAS du MONTCEL rapporte les résultats suivants en zone d'altitude (Molyko) au Cameroun :

Première production :

N'Jock Corn, irrigué	47,7 t/ha
French sombre, irrigué	27,5
French sombre, non irrigué	20,5

Il ne faut toutefois pas tenir ces résultats comme transposables, du fait qu'ils sont obtenus dans des conditions écologiques particulièrement favorables. Il est prévu, aussi bien en Côte d'Ivoire qu'au Cameroun, des programmes d'études sur les systèmes de culture des plantains et c'était également le thème d'une rencontre de spécialistes à Ibadan (IITA) dont Fruits rendra compte prochainement.

Dans les régions à saison sèche longue, pays de savanes arborées ou de savanes à graminées, les plantains croissent très mal, mais certains cultivars de bananiers peuvent produire sous irrigation. En Afrique sahélienne, les cultivars du groupe ABB (dont le type le plus connu est 'Bluggoe' 'Cacambou') ne sont pas appréciés, mais les populations par contre aiment les bananes douces du sous-groupe «Cavendish». Jusqu'à ces dernières années, les ressources provenaient d'importations de pays plus favorisés ou de rares cultures de bas fonds. Les produits offerts aux consommateurs étaient de qualité médiocre, à cause de manipulations et de mûrissages sommaires.

Les premiers essais satisfaisants ont eu lieu au Mali, à la Station des Cultures fruitières de Bamako, avec le bananier 'Poyo'. On a pu faire la preuve que l'on pouvait atteindre des niveaux de 30 t/ha sans difficultés à condition que les dommages dus aux vents ne soient pas trop sévères.

Une autre étude se poursuit à la Station de Rindiao (Kaédi), en République islamique de Mauritanie. Sur le sol de berge limono-argileux du Sénégal (40 p. cent de limons grossiers), assez bien pourvu en Ca-Mg et ayant une bonne capacité de fixation (15 me, par 100 g de terre), les bana-

niers 'Poyo' se développent très bien. En fonction d'une évaporation potentielle mensuelle, calculée selon la formule de TURC, de 128 à 228 mm, le problème de l'irrigation est de première importance. Les premiers essais ont été faits avec une irrigation en raies profondes, dans lesquelles l'eau met plusieurs heures à disparaître. Il n'a pas encore été possible de tester l'irrigation à débit réduit, quoique cela paraisse la meilleure voie.

Un essai de dates de plantation a été réalisé. La parcelle d'octobre 1973, plantée en banquettes de 5 m, à la densité réelle de 2440/ha, a donné au premier cycle l'équivalent de 54 t/ha (régimes), après avoir échappé aux coups de vent. La floraison maximale s'étendait de mi-mai à mi-août. Les fleurs les plus tardives, subissant l'action de l'hiver, demandent de 103 à 131 jours pour évoluer. Au deuxième cycle, un coup de vent violent avec 69 p. cent de chute (dont 44 p. cent de pieds non encore fleuris) démontrait la grande importance de la protection. Le tuteurage avec des nervures de rôniers, la meilleure méthode, ne peut remplacer l'indispensable réseau de brise-vent. Une autre parcelle plantée en mars 1974 a donné un rendement, par rapport à la surface nette, de 53,7 t/ha de régimes. On peut préciser la variation des durées d'évolution : intervalle fleur-récolte pour les fleurs d'août 103 jours, de septembre 121 jours, d'octobre 129 jours, de novembre 122 jours, pour revenir à 106 jours pour celles de décembre.

Un des systèmes de culture que l'on pourrait déjà préconiser est l'adoption d'un cultivar légèrement moins haut ('Americani'), plus résistant au vent mais ne s'engorgeant pas comme le 'Nain' ou même la 'Grande Naine'. Les fortes densités doivent être conservées. On doit établir des brise-vent et cette question n'est pas encore au point, quoique *Melia azedarach* (nim) donne satisfaction ; le *Prosopis*, le bambou ne sont pas à exclure. La distance entre les haies ne devrait pas excéder 40 m et une protection supplémentaire doit être établie au nord et à l'est. On doit d'ailleurs distinguer la protection entre les vents tourbillonnaires d'orages et les vents desséchants également nocifs. Les bananeraies sont vulnérables à tout arrêt accidentel de l'irrigation, ce qui nécessite donc une installation en état et une autre de secours. Dans ces régions, les ressources en paillages sont réduites. L'étude économique est à faire mais les prix obtenus, même après une longue approche jusqu'à Nouakchott, permettent d'augurer une bonne rentabilité tant qu'on ne dépasse pas la capacité du marché.

Dans les conditions climatiques de très forte température et de faible hygrométrie, les bananiers doivent avoir constamment un système radical en état de fournir un maximum à la transpiration. On constate souvent des brûlures foliaires, ou des brûlures sur des hampes florales non protégées.

Il est probable qu'une association avec un léger couvert de palmiers dattiers serait intéressante, mais cela n'a pas encore pu être étudié.

Les observations qui ont été faites en Casamance, sur quelques parcelles de la pépinière de Singhère, montrent

qu'on se situe dans des conditions analogues à celles de Moyenne Guinée. La protection du sol avec un bon paillage est très efficace et elle est possible pour le paysan, le pays étant couvert de hautes graminées en début de saison sèche. On peut obtenir un rendement de 35 t/ha sur bananiers 'Nain' ou 'Poyo' avec les techniques habituelles - fumure potassique, azotée, mais également phosphatée dans le type de sol de Singhère, irrigation abondante, lutte contre les nématodes.

D'une manière générale, la preuve étant faite que l'on peut produire dans des régions mauritaniennes du bord du Sénégal, elle l'est ipso facto dans celles dont le climat est moins contraire. Les difficultés tiennent à l'ignorance des pratiques culturales (formation nécessaire) et au mépris de tous les soins destinés à conserver et à mûrir le produit avant la vente.

Quelques autres expériences débutent à l'île de la Réunion. La diversité des écologies fait qu'il est possible d'en déceler de favorables, et les facteurs limitant le rendement peuvent être l'hiver austral dont les effets ont été largement étudiés dans la région de Tamatave, à Madagascar, et les vents. Des essais sont en cours. Le système de culture semble relativement simple à mettre au point.

En conclusion, mis à part le système de culture intensive de bananes douces actuellement bien au point en zone humide et qui peut être transposé en zone moyennement sèche, et même en zone sèche (Mauritanie), on manque encore de quelques données sur les systèmes comportant soit une protection par ombrage très léger (associations avec dattiers, cocotiers), soit une protection latérale contre les vents. A noter que la bananeraie sous cocotiers est assez commune en Jamaïque et que dans ce cas la *Cercosporiose* est moins dommageable, mais le rendement est faible.

Les systèmes de culture de plantains en culture pure paraissent assez aisés à mettre au point mais, par contre, les systèmes polyspécifiques (traditionnels ou nouveaux), où existe le plantain, n'ont pas encore été étudiés - pas plus d'ailleurs que les systèmes où les bananiers ou plantains sont utilisés comme ombrages de caféiers ou de cacaoyers.

Pour les cultures bananières d'exportation, l'IRFA peut être conduit à l'étude d'un système de production bien adapté à une écologie. En général, ces recherches sont incluses dans le programme général. Cependant, une exception est actuellement faite pour celles qui concernent la région de l'Agnéby, en Côte d'Ivoire.

La raison en est que cette région présente des caractéristiques édaphiques si particulières qu'on ne peut guère utiliser les normes habituelles. Il s'agit de terres organiques à un degré tel que beaucoup sont tourbeuses et seraient considérées comme incultivables ailleurs. Des surfaces notables sont conduites en polders pour maîtriser le niveau des eaux. Les autorités de la Côte d'Ivoire ont décidé de créer une antenne spécialisée et de confier les études à l'IRFA. De plus, et comme l'a exposé J. GODEFROY, un laboratoire d'agro-pédologie doit être axé principalement sur les

études nécessaires.

En 1973, A. LASSOUDIÈRE rappelait dans cette revue (Fruits, n°2, p. 85) les caractéristiques écologiques de la zone, ancienne formation deltaïque comblée, couverte d'une forêt marécageuse. Les terres plus ou moins organiques ont été classifiées par divers auteurs, qui montrent la grande variabilité des dépôts alluviaux et des couches tourbeuses. Certaines surfaces étant cultivées en bananeraies depuis longtemps, d'autres plus récemment, des données analytiques sont disponibles.

C'est vers 1970 que les producteurs de l'Agnéby se rendent compte que, malgré les grands progrès accomplis, en particulier par les aménagements de protection contre les inondations et pour l'évacuation des eaux de drainage, les rendements se stabilisaient dans les meilleurs cas au niveau de 30 t/ha (mains de bananes) et que la moyenne variait de 22 à 25 t/ha sur l'ensemble. Il devenait évident que certaines techniques, classiques dans d'autres régions à sols minéraux - comme la fertilisation et l'irrigation - n'étaient probablement pas du tout adaptées.

Il était donc justifié de tenter de déterminer le ou les systèmes de culture propres à ce terroir si particulier. Encore que les infrastructures de recherches ne soient pas encore installées, une phase d'études préliminaires a été entreprise par l'IRFA et a permis déjà de définir les principaux axes d'études. D'une part, A. LASSOUDIÈRE a présenté plusieurs documents successifs sur les problèmes spécifiques et, d'autre part, J. GODEFROY a consacré une partie de son travail aux études pédologiques à entreprendre.

Sur le plan de la phytotechnie, A. LASSOUDIÈRE et Ph. MARTIN (Fruits, 1974, n°4, p. 255) montrèrent que le drainage devait être assez profond (80 - 100 cm), et dense (fossés tous les 10 - 15 m), pour que la croissance des racines soit convenable. Dans d'assez nombreux cas, cet état asphyxique limitant devait être éliminé sans trop de difficultés.

Beaucoup d'exploitants irriguent, et cette technique est d'autant moins efficace que le drainage est moins profond et mauvais. A la limite, on penserait que l'irrigation n'est plus nécessaire lorsque les racines pénètrent à 70-80 cm de profondeur. Il est toutefois encore nécessaire de mieux connaître, avant de la supprimer, le comportement des racines à certaines époques critiques en fonction de l'âge des plantes et de l'état hydrique.

A. LASSOUDIÈRE a bien défini les traits particuliers de l'Agnéby, dont certains tiennent à la climatologie et d'autres à la nature du support.

La climatologie semble à première vue peu différente de celle de la basse Côte d'Ivoire ; toutefois, cette étendue marécageuse est propice aux brumes, à une très haute humidité et, par périodes, à des effets de serre.

La *Cladosporiose* y sévit fortement, plus qu'ailleurs. Il est possible aussi, avec peut-être d'autres facteurs de l'environnement, que la *Mosaïque* s'extériorise plus intensément

dans cette plaine qu'ailleurs. Les études faites sur ces deux affections ont été rapportées précédemment.

La nature plus ou moins organique du substrat a des conséquences importantes non seulement sur la fertilité, et donc les techniques de fumure, mais aussi sur le comportement de prédateurs. On sait par exemple que le *Charançon* du bananier y a pullulé fortement dans le passé ; la situation actuellement bonne nécessite cependant une surveillance attentive.

Les *nématodes* parasites des racines, l'espèce *Radopholus* en particulier, se développent fort bien dans les divers types de sols de l'Agnéby, mais le comportement des produits nématicides est très variable, comme il ressort d'ailleurs d'expériences déjà citées. R. GUÉROUT avait insisté sur le rôle de la matière organique, laquelle paraît fixer les substances actives et les rendre inopérantes. En 1975, A. LASSOUDIÈRE conseillait les techniques suivantes, dans l'attente de nouveaux résultats :

«en sol argileux, l'utilisation des nématicides granulés est conseillée : Némacur et Furadan à raison de 3 g m.a. 3 fois par an, ou Mocap 4,5 g m.a. également 3 fois par an. Une dose est apportée au moment des replantations. Les dates d'apport en cours de végétation sont : avril, fin juillet, début novembre».

«en sol tourbeux, le pralinage est très efficace lors des mises en culture de nouveaux terrains ; l'utilisation du Mocap est possible (4 g 3 fois par an) dans les conditions économiques de fin 1974. Il est possible d'utiliser du Némagon à raison de 20 litres, deux fois par an au minimum. La dose de 30 litres, 3 fois par an, semble meilleure».

A. LASSOUDIÈRE indique les orientations des études : dose annuelle de 12 g m.a. de Némacur à étudier en 3, 4 ou 6 applications ; amélioration du traitement DBCP, et aussi de nouveaux produits (dont le Miral qui s'est révélé intéressant en screening).

Mais c'est naturellement sur le plan de la nutrition minérale que l'originalité du système de culture apparaît très nettement. A. LASSOUDIÈRE a réalisé les essais en champ relatifs à l'amendement et à la fumure minérale ; on citera ici longuement l'exposé de J. GODEFROY qui travaille en liaison étroite avec l'agronome.

Il y a plus de 20 ans qu'on cultive le bananier dans les tourbes du Niéky, mais les études rationnelles de fertilisation n'ont débuté qu'en 1973.

On n'a pas attendu cette date pour étudier les caractéristiques physiques et chimiques de ces sols. En Côte d'Ivoire, les premières études pédologiques entreprises par les pédologues de l'ORSTOM : DABIN, PERRAUD, DUGAIN, datent des années 1960. Personnellement, il y a une dizaine d'années que nous nous intéressons aux tourbes et que nous les analysons. Il faut également mentionner les travaux de M. KILIAN en 1970 sur les sols tourbeux de Madagascar. C'est seulement en 1973 que l'on a mis en place des essais agronomiques de fertilisation qui sont suivis régulièrement

du point de vue sol.

Les sols tourbeux posent divers problèmes au pédologue, nous n'en mentionnerons que deux :

- problèmes d'ordre analytique,
- problèmes d'interprétation des résultats.

- Problèmes analytiques.

Une caractéristique des sols tourbeux, et des sols organiques en général, est qu'une fois secs ces sols sont difficilement réhumidifiables. Un certain nombre de caractéristiques chimiques et surtout physiques de ces sols sont donc totalement modifiées si on effectue les analyses sur des échantillons séchés, ce qui oblige à travailler sur de la tourbe fraîche. Il se pose alors des problèmes d'échantillonnage, car on ne peut pas utiliser le diviseur échantillonneur, et également des problèmes de conservation des échantillons, lesquels évoluent très rapidement au cours du stockage à moins de les conserver dans un congélateur.

Un premier travail a donc consisté à étudier l'influence du séchage et de la congélation sur les caractères analysés. Ce travail préliminaire est assez avancé.

- Problèmes d'interprétation.

Une autre caractéristique des tourbes est leur faible densité apparente. Dans les essais que nous suivons, la densité apparente égale 0,2 alors que dans les sols minéraux cette densité est voisine de 1,5. A titre indicatif, un hectare de tourbe sèche sur 25 cm de profondeur pèse 500 tonnes, alors qu'un hectare de sol minéral sur la même profondeur pèse 3.750 tonnes.

La conséquence de ceci est qu'il n'est pas possible de comparer des résultats d'analyses sur tourbe et sur sols minéraux ; autrement dit les standards que nous avons définis pour les sols minéraux ne sont pas extrapolables aux tourbes, d'où la nécessité d'études conjuguées : agronomiques et pédologiques.

On tourne un peu la difficulté en exprimant les résultats des analyses de tourbes par rapport au volume et non par rapport au poids comme c'est la coutume pour les sols minéraux, mais il ne s'agit que d'un palliatif.

. Recherches en cours.

Actuellement nous avons en place trois séries d'essais :

- un essai de chaulage qui a été implanté sur une tourbe vierge,
- trois essais « azote » : un sur tourbe vierge, un sur tourbe en culture bananière depuis quatre ans et un sur tourbe anciennement en culture (une quinzaine d'années),
- trois essais potassium sur les trois mêmes types de tourbes que les essais « azote ».

Essai chaulage.

Dans cet essai, on compare cinq doses de chaux depuis la

dose nulle jusqu'à une dose très élevée ; les doses de chaux augmentent en progression géométrique de raison 2.

Les buts de cet essai sont divers.

a) du point de vue pédologique nous nous proposons d'étudier :

- l'action du chaulage sur la saturation du complexe absorbant et sur le pH,
- l'action du chaulage sur la minéralisation de l'azote organique et des composés humiques,
- l'action du chaulage sur la vitesse de nitrification,
- l'action du chaulage sur la teneur en aluminium échangeable,
- enfin l'évolution à long terme du sol sous culture dans les différents traitements comparés. Les doses excessives, dans le traitement 5 par exemple, où l'on a apporté 12 t/ha de CaO à la plantation et la même quantité un an après, sont en outre destinées à accélérer les phénomènes d'évolution de la tourbe afin de préjuger de son évolution à long terme dans les conditions habituelles de culture.

b) du point de vue agronomique, comme dans tous les essais, nous nous proposons d'étudier la croissance du bananier et la productivité en fonction des traitements.

Résultats

Comme le laissait prévoir le calcul théorique, seul des apports de chaux importants peuvent avoir une action notable sur la saturation du complexe absorbant et sur l'acidité ; il faut un peu plus de 20 t/ha de CaO (soit 30 t de chaux) pour saturer le complexe absorbant et amener le pH au voisinage de la neutralité (6,5 à 7,0), dans l'horizon de surface (0-25 cm), et 6 t/ha de CaO pour saturer le complexe absorbant à 50 p. cent de sa capacité.

Le pH est en corrélation étroite avec le degré de saturation en cations du complexe absorbant. Il faut environ 5 t/ha de CaO pour augmenter le pH d'une unité.

L'action du chaulage se fait encore sentir dans l'horizon tourbeux sous-jacent (c'est-à-dire 25 à 30-35 cm), et beaucoup plus faiblement dans l'horizon argileux (35 à 50 cm) ; la dose la plus élevée : 24 t/ha CaO, n'élève le pH que de 0,8 unité dans l'horizon argileux (80 à 90 p. cent d'argile).

- le chaulage a un effet très net sur la vitesse de minéralisation de la matière organique, c'est-à-dire sur l'acidité microbiologique globale du sol et également, mais plus faiblement, sur la minéralisation de l'azote organique ;

- le chaulage semble avoir peu d'action sur la vitesse de nitrification, celle-ci est élevée dans tous les traitements : plus de 90 p. cent de l'azote minéral sont sous forme de nitrates. Dans cette tourbe, la nitrification est donc très active même lorsque l'acidité est très forte : pH = 3,5 ;

- en revanche, le chaulage a une action très nette sur la teneur en aluminium échangeable ; ainsi, dans l'horizon 0-25 cm, la teneur passe de 300 ppm dans le témoin à pH 3,5 à moins de 10 ppm lorsque le pH est supérieur à 4,5.

Dans l'horizon argileux à pH voisin de 3,5, les teneurs en Al sont très élevées : 800 ppm. Elles s'abaissent à moins de 200 ppm dans les parcelles qui reçoivent la plus forte quantité de chaux et dont le pH est compris entre 4,0 et 4,5. Ces teneurs en aluminium dans l'horizon argileux sont largement supérieures aux teneurs considérées comme toxiques :

coton	25 ppm ou 50 mg/dm ³
arachide	60 ppm ou 90 mg/dm ³
maïs	130 ppm ou 200 mg/dm ³

On remarquera qu'il n'y a pratiquement jamais de racines de bananier dans l'horizon argileux : toxicité ou hydromorphie ?

Sur le plan agronomique nous n'observons aucune différence entre les traitements sur les récoltes des premier et deuxième cycles ni sur le développement des bananiers en troisième cycle. Ces résultats semblent indiquer, d'une part, que la teneur en calcium du sol est suffisante pour la nutrition de la plante (pour donner un ordre de grandeur la quantité de calcium échangeable contenue dans l'horizon 0-25 cm du témoin est de 400 kg de CaO/ha), d'autre part, il semble qu'une teneur en aluminium échangeable de 300 mg par kg ou de 60 mg par dm³ de tourbe n'est pas une dose toxique pour le bananier. Précisons que les rendements sont très satisfaisants dans tous les traitements : poids moyen = 26 kg en premier cycle et 31 kg en deuxième cycle.

Essai fumure azotée.

Dans les trois essais azotés situés sur des tourbes en culture depuis des durées différentes on compare six traitements : une dose nulle et cinq doses croissantes d'azote.

Dans le premier essai, les doses augmentent en progression géométrique de raison 2 : 100 à 1000 kg/ha/an ; dans les deux autres essais qui viennent d'être plantés, la progression est arithmétique : les doses varient de 80 à 400 kg/ha/an.

Dans le premier essai, planté sur tourbe vierge, on n'a pas observé de différences sur la croissance et sur la production des deux premiers cycles. Sur le développement des bananiers en troisième cycle on observe une différence de plus 5 p. cent sur la circonférence des stipes entre N₀ et les autres traitements mais aucune différence entre doses d'azote.

Ces résultats ne surprennent pas car les tourbes sont riches en N minéral.

Essai fumure potassique.

Des trois essais prévus sur trois types de tourbes, seul le premier, planté au troisième trimestre 1973, a donné quelques résultats ; les autres essais viennent d'être mis en place.

Dans le premier essai on compare quatre traitements : une dose nulle et trois doses de potassium croissant en progression arithmétique de 600 à 1.800 kg/ha/an. Dans les deuxième et troisième essais on compare six traitements : une dose nulle et cinq doses de potassium augmentant en progression arithmétique de 900 à 4.500 kg/ha.

Résultats.

Pour le moment on peut seulement affirmer qu'il y a une différence nette entre le traitement à dose nulle et les autres ; d'autre part, en fin de premier cycle, nous avons observé une corrélation très étroite entre le poids moyen des régimes et la teneur en K échangeable du sol : $r = 0,84$.

Objectifs d'études.

Au cours des prochaines années on se propose de définir en collaboration avec les agronomes, dans des essais agronomiques simples à une seule variable, les grandes lignes de la fertilisation du bananier sur tourbe ; ces essais devraient en même temps nous permettre de définir des normes d'interprétation des analyses de tourbes.

Actuellement nous avons commencé l'étude de trois éléments, comme nous venons de l'exposer, N - K - Ca ; il faudra ensuite étudier le magnésium puis le phosphore.

Du point de vue pédologique, les efforts vont principalement porter sur le problème de l'azote :

- étude des variations saisonnières de N minéral,
- dynamique de la minéralisation de l'azote organique,
- approche d'un bilan de l'azote : minéralisation, lixiviation, exportations, éventuellement dénitrification (perte de N moléculaire).

Conjointement à l'étude de la lixiviation de l'azote nous utiliserons le dispositif en place pour étudier la lixiviation des autres éléments.

Enfin, dans quelques-uns des essais en cours, on suivra l'évolution à long terme de la tourbe sous culture. Ensuite, dans une phase expérimentale suivante, il faudra préciser par des essais agronomiques à plusieurs variables les doses et les inter-actions des divers éléments apportés par la fertilisation.

Cette digression à propos des études pédologiques permet de comprendre la complexité du problème pratique de la fertilisation, entendu comme l'ensemble des techniques visant au maintien ou à l'augmentation de la capacité du sol à fournir l'ensemble des éléments aux bananiers, sans déséquilibres générateurs de carences ou de toxicités.

Pour A. LASSOUDIÈRE, il était important de connaître, dans les conditions actuelles du système, le comportement du bananier 'Poyo' dans ses phases végétative aussi bien que florale - ceci du fait qu'on savait que le cycle est rapide, mais que les caractéristiques des régimes sont au moins satisfaisantes que dans d'autres pays, ou même d'autres

zones bananières de Côte d'Ivoire. Une première étude le montrait (Fruits, 1974, n° 9, p. 561). Une plantation expérimentale avec plantation échelonnée tous les deux mois entre le 25 mai 1973 et le 25 mars 1974 se poursuivra trois cycles au moins ; elle doit permettre de mieux connaître, en fonction des divers paramètres climatologiques (température, éclairage, humidité, etc.), les périodes de très forte croissance pouvant provoquer des déséquilibres physiologiques et, par ailleurs, influencer la conformation des régimes et leur composition. Au premier cycle, A. LASSOUDIÈRE a déjà trouvé que les plus mauvaises performances correspondent aux plantations de novembre et de mars ; au second cycle, il a observé que les « écarts entre bananiers donnant un nombre différent de mains par régime se manifestent précocement, entre la floraison et la récolte du premier cycle ».

Autres systèmes de culture.

Sous la contrainte de circonstances économiques comme à Madagascar, côte est, un système de petite culture paysanne, qui avait progressé au cours des années passées, doit revenir à des techniques de faible coût. Ainsi, on renoncera à utiliser le cv 'Americani' parce qu'il subit plus fortement l'engorgement que 'Poyo', et on tendra à remplacer l'engrais que fournissait la coopérative par des paillages très abon-

dants. Il est extrêmement difficile de mettre au point de tels systèmes moins intensifs lorsque des prédateurs existent, comme c'est le cas : charançons, nématodes. Quelques études ont cependant été faites en ce sens, mais sont interrompues depuis le départ de l'IRFA de Madagascar.

Il n'a pas encore été possible d'étudier en vraie grandeur un ou des systèmes à mécanisation maximum, par manque de superficies suffisantes. En général, les producteurs craignent de se lancer dans l'inconnu, et donc à prendre d'importants risques financiers. On peut rappeler quelles sont les idées directrices :

- système possible sur terrains sans fossés de drainage (ou avec drainage enterré),
- bananeraie en rangs séparés par des intervalles de 4 m environ, bananiers serrés sur les lignes,
- lignes orientées pour faciliter le tuteurage vertical, oieillage orienté systématiquement,
- épandages mécaniques généralisés ou localisés sur les lignes (engrais et pesticides) (herbicides),
- éventuellement, ramassage des régimes ou mains par circulation dans les interlignes,
- cable-way sur terrain à moins de 5 à 6 p. cent de pente,
- travail du sol avant déplantation, dans les interlignes, et mise en place du matériel végétal sans transport long.



UTILISATION DES RÉSULTATS

Un des reproches les plus fréquemment faits aux Instituts de recherche agronomique est que les performances de production - quantité et qualité - qu'ils obtiennent, sont imparfaitement transposables dans les systèmes de production existants.

Le fait que, dans le passé, l'IRFA ait été intimement lié à d'importantes organisations de producteurs fruitiers obligeait à prendre soin de démontrer sur le terrain l'intérêt

pratique des résultats obtenus. Les bananeraies expérimentales en donnaient l'occasion. Dans ce chapitre, on exposera les modes divers de mise à disposition des résultats, modes encore utilisés ou qui le deviennent, avec leurs avantages et leurs inconvénients. La gradation est évidente : conseil individuel au producteur évoluant en action plus globale auprès des groupements de producteurs ; amélioration ponctuelle de quelques exploitations devenant amélioration généralisée à la dimension du terroir, puis du pays.

RÔLES DES BANANERAIES DE STATION

Du fait qu'elles se composent d'essais bananiers, et donc de parcelles diversement traitées, les unes apportant de bons résultats et les autres pas, et également qu'elles peuvent être situées dans des secteurs qui ne conviennent pas à l'expérimentation mais néanmoins à la production, ces bananeraies sont fortement hétérogènes. Malgré ce défaut, elles représentent assez bien ce qu'il est possible d'obtenir en culture intensive dans les diverses régions écologiques où elles se trouvent. De plus, au cours des dernières années, le relevé plus précis et plus détaillé des dépenses en personnel et en produits permet de mieux connaître les coûts, problèmes étudiés au prochain chapitre.

En plus de leur rôle d'outil de recherches, les bananeraies des stations servent de premier champ d'application des résultats et leurs rendements sont donc suivis. A la réunion annuelle de l'IRFA en 1975, comme aux précédentes, les responsables IRFA ont fait part de la situation et de leurs constatations.

A Madagascar, la bananeraie se trouve à Ivoloïna, à proximité de Tamatave. Après que le Centre national de Développement rural et de Recherches appliquées ait repris la gestion de la station fruitière, le rôle de l'IRFA n'a plus été que celui de conseiller. La surface de la station a été réduite en 1974-75 de 17 à 14 ha. La production subit, comme les autres exploitations de la côte est, les conséquences d'une situation économique difficile (raréfaction et coûts élevés des produits). Le nombre de navires bananiers chargés en 1974 n'a été que de 13, ce qui implique de fortes pertes de fruits trop évolués, trop « pleins ». Les difficultés diverses, dont celles de se procurer les engrais nécessaires,

s'ajoutant à l'impossibilité d'exporter régulièrement, font que les rendements par hectare sont de l'ordre de 15 tonnes, alors qu'ils atteignaient 20,7 tonnes en 1972. L'intervention de l'IRFA a cessé en fin d'année 1975 ; bien que la preuve ait été faite dans le passé qu'une production bananière exportable était très possible dans ce pays, qu'il ait été prospecté des régions favorables (Maroantsetra), qu'on ait également montré que les zones tourbeuses (non utilisées actuellement) étaient valables, le développement n'a pas suivi et il n'est donc plus justifié de maintenir une démonstration permanente et donc une bananeraie expérimentale.

La bananeraie de la station IRFA de Nyombé, au Cameroun, s'est constamment améliorée depuis 1960, ce qui est dû pour une part importante aux travaux profonds du sol à chaque replantation. Ph. MELIN et G. PLAUD donnent les résultats suivants (la surface en culture comprend celle des replantations de l'année) (tableau ci-après).

La station se caractérise par de bonnes conditions édaphiques (sol volcanique suffisamment riche pour qu'on se limite à une seule fumure azotée) ; le climat est favorable avec cependant une saison sèche de deux à trois mois. Une partie de la bananeraie est irriguée avec de bons résultats. La Cercosporiose, le charançon, sont bien contrôlés et seuls les nématodes nécessitent des traitements, encore insuffisamment efficaces. Le problème majeur est de réduire les pourcentages de déchets (22 p. cent à l'atelier d'emballage) qui tiennent essentiellement aux grattages, maturations avancées, rouilles. L'objectif de 45 t/ha (clusters) pour la surface en culture doit être atteint.

Année	Surfaces		net exporté tonnes	Rendement à l'hectare par rapport	
	en culture	en production		à la surface en culture	à la surface en production
1971	25,6	19,4	764	29,4	39,4
1972	26,9	22,7	986	36,7	43,5
1973	27,6	24,1	1009	36,6	41,9
1974	26,8	21,3	1026	38,7	48,8

On ajoutera que cette bananeraie comporte toujours un nombre important d'essais, ce qui prouve que cette destination n'est pas incompatible avec un rendement élevé. Dans la région du Mungo, la bananeraie de Nyombé se place parmi les plus belles ; elle est en tout cas la plus productive.

Les revenus de l'exploitation IRFA apportent une contribution notable aux dépenses imputables à l'expérimentation.

La bananeraie de la Station IRFA d'Azaguié en Côte d'Ivoire est placée, contrairement à celle de Nyombé, dans un site difficile. Les terres fortement graveleuses et une topographie mouvementée ont fait que sa capacité à supporter des essais, tels que le biométricien P. LOSSOIS les conçoit, reste toujours discutée par les agronomes qui s'y sont succédés. Toutefois, dans le passé, un certain nombre d'essais furent menés à bien. La proportion de terres utilisables à cet effet est toutefois assez faible. La surface est de l'ordre de 23 ha.

La rénovation de la bananeraie est due à une généralisation des traitements aux nématicides granulés, à une amélioration du choix du matériel végétal et de la préparation du terrain. J. GUILLEMOT indique les rendements suivants :

1970	342 tonnes	12,8 t/ha
1971	269	10,0
1972	317	11,8
1973	425	19,4
1974	702	32,0

Le niveau obtenu est correct dans les conditions décrites ci-dessus. Par rapport à Nyombé, la culture est obligatoirement irriguée, de fortes doses d'amendements et d'engrais minéraux sont nécessaires. A la suite des analyses de J.

GODEFROY, qui a toujours suivi de près l'évolution des sols de cette station, ces apports sont toutefois déterminés selon les nécessités (diminution pour Ca, Mg et P).

Bien que la capacité en essais classiques valables soit de 4 à 5 ha seulement, cette bananeraie constitue une bonne base expérimentale, la solution la meilleure serait qu'elle soit complétée par des parcelles d'essais chez des producteurs indépendants.

La station de Neufchâteau, en Guadeloupe, est en altitude moyenne (270 m) sur sol volcanique ancien, constamment humide et souvent asphyxiant. La bananeraie de 21 ha comprenait certains essais anciens qui ont pu être repris récemment. Les productions exportées ont été en 1972 de 557 tonnes, en 1973 de 401 tonnes et en 1974 de 585 tonnes. En 1975, on a exporté 724 tonnes. Les chutes habituelles dues aux coups de vent n'ont pas été importantes cette dernière année. Dans les essais de R. MALLESSARD sur le contrôle des nématodes et des charançons, on atteint les 40 t/ha de régimes et plus. Il est possible d'améliorer encore la situation grâce à l'emploi de nouveaux pesticides, et plus particulièrement de nématicides. Une des difficultés est le travail profond du sol, à cause de la brièveté des saisons sèches. Cette bananeraie a porté de nombreux essais déterminants et conserve une grande utilité expérimentale.

Jusqu'à présent, des essais étaient installés en Martinique chez les producteurs. Mais, depuis 1975, l'installation d'une station s'étant révélée indispensable, l'IRFA a fait l'acquisition d'un domaine de 120 ha sur lesquels les premières plantations bananières expérimentales viennent d'être mises en place.

Pour mémoire, on les a déjà citées, des parcelles de bananeraies existent dans d'autres stations : Kaédi en Mauritanie, Bassin-Martin à la Réunion, Singhère au Sénégal.

CONSEIL DIRECT AUX PRODUCTEURS

Les visites de bananeraies, pour les producteurs qui le demandaient, et les rapports et conseils qui en découlaient ont été pendant longtemps le principal canal d'utilisation des résultats. Il ne faut pas méconnaître ce remarquable moyen de formation pour les agronomes de recherches qui doivent s'efforcer de comprendre un grand nombre de situations, d'anomalies de toute sorte, qui doivent considé-

rer l'ensemble des facteurs pour poser un diagnostic, et qui ont ultérieurement la possibilité d'en examiner le bien fondé comme les défauts.

On sait aujourd'hui combien il a été précieux, dans le passé, de tirer des expériences variées des agriculteurs une multitude d'enseignements. L'inconvénient de cette métho-

de est qu'elle réclame beaucoup de temps, qu'elle reste ponctuelle et donc aboutit à des améliorations si localisées que l'hétérogénéité, dans une même contrée bananière, ne fait qu'augmenter.

Il est utile de souligner que ce travail, qui n'est pas du ressort des activités normales de l'IRFA mais devrait être à la charge des organisations d'assistance technique, réclame éventuellement beaucoup de concours spécialisés : prélè-

vements d'échantillons du sol, de racines, d'autres organes, foliaires en particulier, pour diverses analyses ou comptages ; observations du profil cultural, de l'enracinement, de l'infestation du bulbe en charançon, de l'état sanitaire des limbes, etc.

Ceci réclame plusieurs journées de travail pour une petite partie de bananeraie. Il importait donc d'évoluer vers des formules plus souples et moins onéreuses.

CONSEIL DANS LE CADRE DES ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES OU SPÉCIALISÉES

En réponse à des demandes de ces organismes, désireux de disposer des services exclusifs et à plein temps d'agronomes déjà expérimentés, l'IRFA a détaché quelques-uns de ceux-ci pour organiser une assistance technique très variée, qui généralement se borne aux conseils, mais parfois comporte des responsabilités directes importantes.

L'avantage de cette formule est que des mesures peuvent être envisagées plus globalement et que la politique des organisations, sur le plan technique, peut devenir efficace. L'inconvénient est que l'agronome ainsi détaché ne dispose pas de moyens d'action suffisants et que son travail peut se diluer sous diverses contraintes ; en outre, il devrait revenir assez fréquemment aux activités de recherches pour conserver sa compétence, ce qui n'est malheureusement pas toujours possible.

Dans les relations qui doivent exister entre recherche et production, la présence de tels ingénieurs facilite beaucoup la connaissance des problèmes « au ras du sol ». Ils sont les intermédiaires normaux pour la transmission des nouveautés techniques d'une part, et pour ramener les chercheurs aux réalités d'autre part.

Aux Antilles, une des actions les plus anciennes est celle de J. MONNET au sein de la SICABAM en Martinique, puis de l'ASSOBAG en Guadeloupe. Ces organisations professionnelles avaient créé des services agro-techniques en 1968. L'ingénieur a acquis de ce fait une connaissance approfondie des exploitations. On sait que leur nombre est élevé, avec des surfaces très variées et souvent petites et que de plus leur diversité est grande au sein de nombreux terroirs. J. MONNET a participé aux mesures de rénovation des bananeraies, à la généralisation de la lutte contre les parasites, etc. Avec le Service du Conditionnement, il établit le système de contrôle de la qualité du fruit dans les nombreuses stations d'emballage, ce qui se reflète nettement dans la commercialisation. Il apporte le point de vue technique à tous les problèmes de fertilisation, irrigation, lutte contre les parasites, mauvaises herbes. Cependant, tous ces services sont souvent mal appréciés et n'apparaissent pas essentiels à une organisation qui a de multiples tâches d'organisation des exportations et d'administration.

De plus, l'intérêt pour la technique scientifique est plus vif quand les choses vont mal, et moindre dans le cas contraire (Fruits, 1975, n°1, p. 11).

Le Service Agro-technique de la SICABAM en Martinique est dirigé actuellement par un autre ingénieur IRFA, J.L. LACHENAUD, qui a résumé les diverses actions poursuivies depuis 1973 de la façon suivante :

- le recensement des producteurs et des superficies plantées,
- le contrôle de l'état sanitaire, à savoir :
 - . la lutte contre le charançon, adaptée à l'interdiction d'emploi du HCH ; une enquête permanente dans 100 plantations permet dans une certaine mesure de surveiller l'évolution des attaques ;
 - . la lutte contre les nématodes ; une enquête continue sur des lieux définis est appuyée par une unité laboratoire de dénombrement ; entamée en 1973, cette enquête a été élargie en 1975 pour permettre la surveillance de 2000 ha de bananeraies, grâce à l'aide de la Chambre départementale d'Agriculture et de la SICABAM ;
 - . la lutte contre la Cercosporiose par la diffusion des avertissements IRFA jusqu'en mai 1975, date à laquelle le Service Agro-technique de la SICABAM a pris en charge la lutte généralisée contre cette maladie ;
- les plans de fumure et d'amendements suite à des analyses d'échantillons de terre de plus en plus nombreux ;
- le contrôle du conditionnement des bananes dans les hangars d'emballage, en collaboration avec le Service départemental.

Tout cet ensemble implique et l'apport des conseils nécessaires et une activité constante pour l'examen des cas individuels qui sont signalés.

Il est intéressant de noter qu'aux Antilles l'IRFA est sollicité pour la formation agricole, à différents niveaux (ouvriers, contre-maîtres et responsables techniques). C'est un aspect sur lequel on aura à revenir.

En Côte d'Ivoire, Ph. MARTIN a effectué des actions d'assistance technique variées pour la Société de Dévelop-

pement des Fruits et Légumes (SODEFEL) : direction technique d'une plantation de bananiers au Nzi-Bandama, comportant une partie coopérative, conseils à un ensemble de cultivateurs dans la région de l'Agnéby - terres tourbeuses de la rive droite - formation de contre-maîtres de plantation et formation d'encadreurs pour les petits planteurs. Il en a tiré une expérience des problèmes pratiques qui, complétée ultérieurement au Cameroun, s'exprime par des conceptions sur la gestion technique et l'organisation, exposées au prochain chapitre. Par ailleurs, M. BEUGNON a eu à étudier, au sein de la COFRUCI, devenue SICOFREL, l'organisation d'un service d'assistance technique aux plantations. Les degrés d'intervention sont définis en fonction de la valeur potentielle des exploitations. Celles qui sont en mauvaise situation, irrémédiables, ne sont pas encadrées. Celles qui sont bien situées et bien conduites ne font l'objet que d'interventions sur demande, selon la méthode classique (visites et conseils au cas par cas). La catégorie des bananeraies qui sont potentiellement valables (sols, climat, environnement, communications), mais qui sont mal dirigées techniquement, font l'objet d'interventions systématiques et continues.

Ce classement suppose donc l'établissement, après enquête minutieuse, d'un fichier des plantations. Il aboutirait à une suppression des exploitations non valables, ce qui présente de grandes difficultés sur le plan social mais valorise l'ensemble de la production. Les moyens d'action requièrent la formation d'un encadrement de techniciens, répartis par régions bananières (au nombre de 7). Il est suggéré la création de plantations pilotes chez des coopérateurs progressistes.

En plus des conseils habituels, M. BEUGNON a proposé des solutions pour un meilleur contrôle de la Cercosporiose, et il a participé à la mise en route du réseau de nouvelles stations d'emballage en Côte d'Ivoire, réseau qui a été profondément modifié à la suite d'une longue mission de P. SUBRA, pour le compte de l'organisation professionnelle. Voici un résumé de cette action, par ce spécialiste :

Modernisation d'un réseau de stations d'emballage.

Au début de 1973, il était fait appel à l'IRFA pour porter un jugement sur le système de conditionnement en place et proposer des améliorations. Le rapport présenté par P. SUBRA en juin 1973 ayant été agréé, ce dernier a été chargé d'animer l'opération de reconversion, dont l'objectif final était de livrer sur les marchés de consommation un produit d'une qualité au moins équivalente à celle des bananes concurrentes.

Les lignes directrices de l'opération furent les suivantes :

- accroissement du nombre des stations d'emballage, de façon à rapprocher dans de nombreux secteurs le centre de conditionnement du lieu de production ;

- conception de trois types de stations (sur la base de leur capacité horaire de production : 180/200 cartons, 120/140 cartons, 50/70 cartons) adaptées au volume de récolte à

conditionner pour des rayons d'action n'excédant pas cinq kilomètres ;

- sensibilisation du producteur sur les problèmes de conditionnement et de qualité en confiant aussi souvent que possible la gestion des stations à des planteurs ;

- mise en place d'un système d'incitation par classement des bananes en deux catégories (I et II), la catégorie I faisant l'objet d'un bonus pour le producteur ;

- mise en place d'un système de contrôle à double détente (inspection des fruits à quai et intervention sur les stations) pour réfréner les tendances naturelles déviationnistes et laxistes au plan de la sélection des fruits.

Le programme complet a été exécuté en deux années, avec les actions suivantes :

- stade expérimental, vérification de l'aptitude des bananes de tous les secteurs de production à être conditionnées en bouquets (clusters), recherche d'un type de carton d'emballage unique convenant à toutes les bananes ;

- stade préparatoire, enquête sur la structure géographique de la production et son évolution prévisible, choix des sites d'implantation des stations ; choix de l'équipement des stations ;

- construction et aménagement de 33 stations nouvelles, transformation de 19 stations anciennes ;

- formation du personnel nouveau, recyclage du personnel ancien ;

- mise en route progressive des stations nouvelles ou transformées ; réception des installations, programmation des ouvertures, fermetures et réouvertures, affectations provisoires et définitives des planteurs aux différentes stations ;

- contrôle de la bonne application des normes, interprétation des résultats d'arrivage, information des stations ;

- mise en place de la structure d'encadrement nationale (direction technique du conditionnement, contrôle à quai, équipe d'intervention).

Dans le domaine de la conception des stations, il y a peu d'innovation par rapport à ce qui a été fait dans les différents pays exportateurs au cours des dernières années ; on a surtout cherché à réaliser des installations permettant un travail rationnel et aisé du personnel, sans mécanisation excessive pour ne pas gonfler les coûts d'investissement et d'entretien.

Le plan (figure 9), montre l'équipement d'une station standard (capacité 180/200 cartons par heure) et on peut y suivre le processus de conditionnement :

- 1-2. déchargement des régimes et suspension aux chariots du convoyeur monorail (non automatisé), gros bout de la hampe vers le haut ; la capacité utile est de 70 régimes ;

4. contrôle pour marquage des régimes à refuser (trop pleins, trop maigres, état sanitaire défectueux) ;

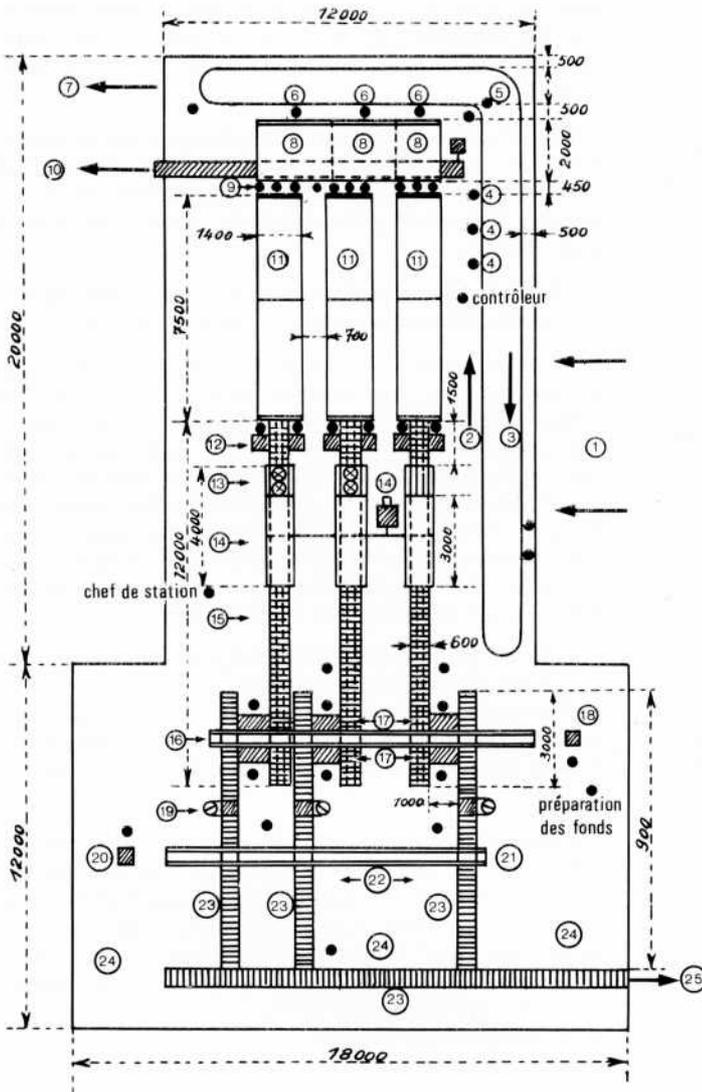


Figure 9 * PLAN TYPE D UNE STATION D'EMBALLAGE DE BANANES.

DESCRIPTIF :

- postes de travail.
- ① Réception. Déchargement des régimes (hauteur du quai : 600 mm).
- ② Suspension des régimes sur convoyeur monorail.
- ③ Brin de retour du convoyeur : retour des crochets et entreposage éventuel.
- ④ Epistillage.
- ⑤ Douche de rinçage.
- ⑥ Découpage des régimes.
- ⑦ Evacuation des hampes.
- ⑧ Lavage par classe de longueur de fruit ($l > 21$ cm - $21 > l > 17$ - $l < 17$ cm).
- ⑨ Découpage des mains et parage.
- ⑩ Evacuation des déchets
- ⑪ Bassin de rinçage, entreposage et convoyage : deux rampes d'alimentation et trop-plein.
- ⑫ Postes de sélection et mise sur plateaux.
- ⑬ Tunnel de séchage.
- ⑭ Tunnel de traitement avec bac de préparation du mélange fongicide et rampe de pulvérisation.
- ⑮ Convoyeur à galets.
- ⑯ Glissières d'alimentation en cartons (fonds).
- ⑰ Postes de mise en cartons.
- ⑱ Postes d'agrafage des cartons (fonds).
- ⑲ Postes de contrôle des poids.
- ⑳ Postes d'agrafage des couvercles.
- ㉑ Glissière d'alimentation en couvercles.
- ㉒ Poste de fermeture des cartons.
- ㉓ Convoyeur à rouleaux.
- ㉔ Aire d'entreposage des cartons pleins.
- ㉕ Chargement des cartons pleins (hauteur du quai : 1400 mm).

Épistillage.

5. douche de lavage (élimination des écoulements de latex) ;

6. découpage progressif des régimes (le premier découpeur prend les mains dont le fruit médian intérieur mesure plus de 20 cm de long, le second enlève les mains de 17 cm et plus, le troisième enlève le reste et ne laisse sur la hampe que les mains dont le fruit médian intérieur n'atteint que la longueur de 14 cm. Cette division du travail varie selon la nature des fruits traités).

7. évacuation des hampes et des régimes non conformes ;

8. bac de découpage = stock de mains en deux ou trois compartiments séparés par des cloisons mobiles ; on a ici un premier tri entre fruits longs, moyens et courts, pour répondre à la norme qui interdit un écart de plus de 4 cm entre le fruit le plus long et le fruit le plus court à l'intérieur d'un carton.

9. confection des bouquets de 5 à 9 bananes et des portions de 3 et 4 bananes autorisées après élimination des doigts défectueux ; contrôle du calibre minimum pour la catégorie II.

10. évacuation des déchets par tapis mécanisé ;

11. bacs de rinçage et approvisionnement des sélectionneurs ; chaque bac renferme des bouquets de même classe de longueur ; selon la nature des fruits conditionnés la répartition des classes de longueur entre les bacs est variable.

12. sélection : classement des bouquets en catégorie I ou catégorie II en fonction de l'aspect et du calibre (grade et longueur) ; les bouquets sont disposés sur un seul lit dans des plateaux, coussinets vers le haut ; les plateaux de catégorie I sont signalés par des marques colorées.

13. les plateaux passent sous des batteries de ventilateurs qui chassent la pellicule d'eau notamment sur les sections de coussinets, puis

14. dans un tunnel de brumisation pour le traitement fongicide, une pompe prélève la bouillie dans un bac de mélange de 300 litres et l'envoie sous pression dans une rampe alimentant les tunnels (4 buses par tunnel) la pression résiduelle est utilisée pour créer un barbotage dans le bac de mélange ; dispositif en circuit fermé : les plateaux s'égouttent sur un réceptacle vidangé vers le bac de mélange. La consommation de liquide est de 15 litres par tunnel et par heure (égouttage incomplet et déperditions diverses).

15. La progression des plateaux sur les convoyeurs à galets se fait par à-coups, l'introduction de chaque nouveau plateau par les sélectionneurs faisant avancer la file d'un cran. Retour des plateaux vides par un convoyeur inférieur ;

17. les emballeurs d'une chaîne reçoivent en principe toujours des bouquets appartenant à la même classe de longueur ; si les fruits longs sont peu nombreux, ce qui est

fréquent, ils viennent sur la ou les chaînes de fruits moyens ; l'un des emballeurs de la chaîne est alors spécialisé pour mettre les fruits longs en carton (ce sont les plus difficiles à emballer).

Dans le carton les bananes sont protégées par un intercalaire en ondulé double-face souple, formant double fond et rabats entre les rangées inférieures et supérieures, et une gaine de film polyéthylène évitant les contacts directs entre fruit et carton.

18-20. les cartons, fonds et couvercles sont agrafés (brocheuses semi-automatiques à moteur électrique).

19.22. les cartons passent sur une balance ; le poids net de bananes doit être compris entre 16 et 17 kg ; les cartons insuffisamment remplis ou les cartons trop lourds et mal emballés (carton déformé, bananes dépassant en hauteur) sont renvoyés aux emballeurs. Le vérificateur de poids place également les couvercles sur les cartons ; la marque colorée placée par les sélectionneurs dans les plateaux de catégorie I a été posée par l'emballer sur le dessus du carton ; les couvercles des deux catégories sont identifiées par des impressions de couleurs différentes ;

23-24-25. les cartons peuvent être gerbés sur six hauteurs en attente de chargement ou envoyés directement vers le camion stationné au quai ; même dans ce dernier cas, l'une des deux catégories doit être allotie, car les catégories I et II sont séparées lors du chargement des camions (et des navires).

L'effectif normal pour une telle station est de 39 ouvriers (30 postes au maximum peuvent être occupés par du personnel féminin). L'encadrement est constitué d'un contrôleur et d'un chef de station. Pour que le rendement d'une station soit élevé, il faut que chaque ouvrier ait toujours de la matière en abondance pour alimenter son travail, c'est-à-dire que les convoyeurs à galets entre sélectionneurs et emballeurs soient couverts de plateaux, que les bacs et la penderie soient aux deux tiers remplis de bananes. Autrement dit, le rythme de travail de la station est étroitement dépendant du rythme d'approvisionnement en régimes. On a très souvent noté que les stations de moyenne capacité ont une productivité (cartons, ouvrier, heure) meilleure que celle des stations de grande capacité, essentiellement parce que les apports de régimes y sont plus réguliers ; la norme de rendement n'est atteinte dans les grandes stations que si le planteur a fait un effort d'équipement pour son parc de transport ou si des planteurs voisins ont organisé un pool de transport.

Il est également évident que la nature des apports de bananes a une répercussion aiguë sur le rythme de travail spécialement au niveau de la confection des bouquets : plus le calibre est irrégulier et plus les fruits présentent des défauts extérieurs (Grattages, blessures, chocs, piqûres, etc.), plus le rythme se ralentit. D'une façon générale c'est au chef de station de déplacer du personnel pour renforcer les postes qui risquent de constituer des goulets d'étranglement.

Outre ces problèmes d'approvisionnement, de point de coupe et de protection des fruits jusqu'à la station, qui sont du domaine des planteurs et pour lesquels il reste à accomplir de grands progrès, les principales difficultés rencontrées sont liées aux différences sectorielles et saisonnières dans la morphologie des mains de bananes. Il est difficile de ranger avec la même aisance et la même garantie toutes les bananes dans un format unique de carton. Il est probable toutefois, sur le plan économique, que cette solution malgré les meurtrissures provoquées sur certains fruits pendant les opérations successives de manutention et de transport des

cartons, est plus avantageuse que celle de la multiplicité des formats d'emballage avec ses contraintes de gestion des stocks de cartons vides, d'allotissement et de gerbage.

On ne saurait conclure sur l'efficacité de ces assistances techniques. Elle est réelle, mais les résultats sont difficiles à évaluer. Les moyens nécessaires à une action soutenue sont rarement accordés. C'est la raison pour laquelle de nouvelles voies sont recherchées pour une meilleure utilisation des résultats de recherches.

PARTICIPATION A DES OPÉRATIONS DE DÉVELOPPEMENT

Ce n'est qu'exceptionnellement que l'IRFA a participé à des projets de développement de production bananière, du fait que ceux-ci étaient dus, généralement, à des initiatives privées.

L'Office Camerounais de la Banane (O.C.B.) créé en 1964, avait pour objectif une reconversion bananière, puisque les structures anciennes de petites exploitations ne pouvaient plus répondre aux exigences modernes d'une exportation bananière. Celle-ci était tombée à un niveau critique.

L'étude financée par le FED, et à laquelle participait l'IRFA a déterminé les zones favorables pour l'installation de bananeraies de grandes surfaces, 2 à 300 ha, dans la région volcanique du Mungo et sur les pentes du Mont Cameroun. Ce document est resté la base des opérations entreprises ultérieurement.

Bien qu'on ne puisse exposer ici en détail le processus de cette réalisation, on doit signaler que l'O.C.B. choisit de créer des plantations industrielles sur des terrains dont les propriétaires sont indemnisés annuellement. L'Office évite

l'écueil de l'hétérogénéité des petites parcelles de coopérateurs, se réservant de trouver des solutions lorsque le programme sera terminé et parvenu à son rythme de croisière.

Des ingénieurs de l'IRFA et de la SATEC sont détachés, pour cette période de création et d'organisation, auprès de l'OCB. J. MARSEAULT, depuis 1971, a la charge de préparer les terrains et d'y installer les bananeraies dont il doit préalablement «fabriquer» le matériel végétal.

Ph. MARTIN organise le fonctionnement des différents blocs, les prévisions de récolte, les emballages et expéditions. Ces activités sont concertées avec la Direction de l'O.C.B. qui reste maître de toutes décisions. Ce système a fonctionné jusqu'à présent d'une manière satisfaisante, la production atteignant en 1974 environ 19.000 tonnes.

Les spécialistes de l'IRFA ont eu l'occasion d'appliquer à une échelle plus importante que d'ordinaire certains des résultats acquis sur les stations, particulièrement sur celle de Nyombé. Et, au début de 1975, une irrigation par asperseurs à avancement automatique a été mise en place sur bananeraies (J. MARSEAULT). (Ce matériel est utilisé aux Antilles depuis deux ans).

CONCEPTION NOUVELLE DE L'UTILISATION DES RÉSULTATS

Toutes les méthodes d'application qui viennent d'être décrites suffisent-elles à l'utilisation optimale des résultats obtenus malgré un certain nombre de succès évidents (contrôle de la Cercosporiose aux Antilles et au Cameroun, du charançon au Cameroun, des nématodes en Côte d'Ivoire, etc.) ? La réponse est négative, sauf dans la participation directe à un développement bananier, où les ingénieurs auraient effectivement la possibilité d'appliquer un ou des systèmes de culture.

Mais, généralement, les progrès découlant des nouveautés

techniques sont ponctuels. Ils résultent de la réceptivité et de la technicité des producteurs. Finalement, dans une production due à un nombre élevé d'agriculteurs de niveaux techniques variés, l'hétérogénéité des exploitations et de leurs récoltes s'accroît avec la progression des techniques ; l'état moyen peut s'améliorer mais avec un coefficient de variation croissant.

Or il faut savoir que la force des grandes sociétés multinationales est de pouvoir présenter un produit normalisé, constant. Cela est dû non seulement à la grande dimension

des exploitations, à la valeur intrinsèque des sols, mais aussi à des techniques appliquées identiquement dans les bananeraies et au contrôle poussé de toutes les opérations. Il s'agit de savoir si l'on peut atteindre un tel niveau d'organisation dans des structures complètement différentes.

Comment agir sur des ensembles de bananeraies et obtenir une homogénéisation concomitante à une amélioration globale ? J. CUILLE a particulièrement réfléchi à ce problème complexe.

Il se trouve qu'en Guadeloupe, et en Martinique depuis la campagne 1975, plus qu'ailleurs, l'organisation professionnelle a décidé de prendre en charge, en place des producteurs, la lutte contre la Cercosporiose. Cette attitude se justifie, puisque les plus petits planteurs ont des difficultés à assurer un bon contrôle de la maladie mais que, par ailleurs, l'existence de bananeraies non traitées constitue des foyers d'infestation qui sont une menace constante pour la totalité des bananeraies. J.P. MEYER et J. GANRY (Fruits, 1972, n°10 et 11, p. 665 et 676 - 1973, n°10, p. 671) avaient établi les bases nécessaires pour l'avertissement et la planification des traitements. Il est utile de citer ces deux auteurs afin de connaître le mécanisme du système mis en place.

«Le Service de Bioclimatologie de la section Antilles de l'IRFA a mis au point une méthode de prévision des attaques débouchant sur une planification des traitements, dans le cadre de la lutte généralisée contre la Cercosporiose du bananier avec un fongicide systémique en formulation huileuse (125 g de Bénomyl dans 15 litres d'huile par hectare), appliqué par voie aérienne».

Cette méthode de prévision permet d'établir le planning des traitements pour une durée d'un mois, les traitements prévus dans un délai inférieur à 21 jours pouvant être considérés comme fermes, alors qu'au-delà ils seront exécutés dans les délais prévus si les conditions climatiques demeurent stables, pourront être avancés en cas d'aggravation ou au contraire, retardés dans le cas d'une amélioration. La prévision est établie à partir des données d'observations de 14 stations agro-climatiques réparties dans les diverses zones écologiques de la région bananière, les données de base étant l'évaporation et la température, secondairement l'hygrométrie.

En Guadeloupe, deux documents hebdomadaires sont établis à partir de ces observations :

- un bulletin climatique informant les planteurs des risques d'évolution de la Cercosporiose et leur permettant ainsi d'intervenir en certains points critiques de leur exploitation dès l'apparition de conditions climatiques plus favorables à la maladie ;

- un bulletin d'avertissement transmis au service phytosanitaire de la SICA-ASSOBAG permet à cet organisme de commander les traitements aériens nécessaires. Il comporte :

. un compte rendu hebdomadaire des observations et des

contrôles effectués en bananeraies pour évaluer le niveau de la maladie ;

. une fiche d'avertissement climatique indiquant, pour diverses zones de la région bananière (52 au total), les données climatiques de base du poste représentatif (évaporation cumulée, températures limitantes), les durées d'efficacité des traitements avec dates des derniers et prochains traitements par zone.

L'application de ces techniques d'avertissement et de traitement a permis d'obtenir en Guadeloupe les résultats globaux suivants qui doivent être considérés par rapport à la situation antérieure où l'on pratiquait de 12 à 29 traitements (huileux) selon les zones.

Zone géographique	Nombre de traitements	
	1974	1973
• zone de Baillif (grand Marigot Saint Louis) St Claude, Matouba	4	5
• zone de trois Rivières Gourbeyre		
- moyenne altitude	4 à 5	6 à 7
- altitude	7	8
• zone de Capesterre (de St Sauveur à Goyave)		
- zones basses	3	4
- zones de moyenne altitude	6 à 7	6 à 8
- zones d'altitude	9	10

Ces résultats ont été obtenus en zones «normales» c'est-à-dire en zones où les traitements peuvent s'effectuer dans de bonnes conditions avec absence d'obstacles majeurs et de foyers d'infestation proches.

Bien que la différence soit souvent peu significative, on note une réduction du nombre de traitements en 1974 par rapport à 1973. Ceci ne peut guère s'expliquer par une différence de conditions climatiques, vu le peu de variations entre 1973 et 1974 (à l'échelle annuelle). Il faut plutôt y voir la conséquence d'une amélioration dans la réalisation de l'avertissement et des traitements :

- meilleure planification des traitements (à plus long terme) de par l'utilisation de l'avertissement climatique, ce qui permet au pilote de choisir les conditions météorologiques les plus propices pour effectuer les traitements dans la limite des délais fixés.

- limitation des foyers d'infestation d'où diminution du volume global d'inoculum.

Dans les zones dites «perturbées», les durées normales d'efficacité des traitements ne pouvant être atteintes, il est nécessaire de traiter beaucoup plus souvent (deux fois plus en moyenne) sans qu'il soit possible de prévoir les traitements comme précédemment. Il est indispensable d'y effectuer des contrôles réguliers et fréquents afin d'évaluer le niveau de la maladie.

Problèmes des foyers d'infestation : *L'existence de ces zones souvent très localisées, difficilement traitables par voie aérienne, est un des plus gros problèmes de la lutte généralisée (un simple jardin familial avec bananiers non traités constitue un foyer d'infestation). Chaque foyer d'infestation est la source d'un inoculum abondant qui affecte toute la zone bananière environnante. Il est certain que la suppression de ces foyers permettrait de diminuer dans une large mesure le nombre de traitements dans les zones normales par simple diminution du volume global d'inoculum (voir comparaison 1973 - 1974). Il est à craindre que l'insertion de cultures maraîchères, incompatibles avec les traitements, à l'intérieur des plantations, contribue à la constitution de nouveaux foyers d'infestation, les planteurs n'effectuant pas toujours les traitements au sol préconisés.*

Les moyens mis en oeuvre pour limiter ces foyers d'infestation sont les suivants :

- localisation de tous les foyers existant dans toute la zone bananière ;
- visites systématiques de ces foyers en vue du traitement et du contrôle de son efficacité ;
- intervention auprès des planteurs pour qu'ils effectuent des traitements au sol ou suppriment les obstacles majeurs - mais leur participation est loin d'être parfaite.

La technique d'avertissement permet d'une part de n'effectuer les traitements qu'à bon escient et, d'autre part l'adjonction de fongicides actifs à l'huile permet d'espacer considérablement ces traitements. Les risques de phytotoxicité qui existaient lors des traitements à l'huile seule (moyenne de 20 à 25 traitements par an) n'existent pratiquement plus et les nuisances dues aux traitements se trouvent considérablement diminuées.

L'avantage financier est également très appréciable car le coût des traitements actuels est bien inférieur (à l'hectare et par an) au coût des traitements à l'huile seule (économie de l'ordre de 30 p. cent), tels qu'ils étaient pratiqués autrefois.

Cette longue citation concerne l'action en Guadeloupe. En Martinique, où la lutte généralisée a débuté, le Service de Bioclimatologie de l'IRFA a formé les techniciens du Service agro-technique de la SICABAM, mais la méthode de prévision des attaques n'est pas encore utilisée pleinement et les observations et contrôles en bananeraies servent encore à programmer les traitements.

Cette digression apporte la démonstration qu'il est possible de résoudre ce problème globalement, ou tout au moins d'approcher l'assainissement souhaitable. Le fait important est qu'un réseau de stations bioclimatiques couvrant les principaux terroirs écologiques peut assurer les informations nécessaires pour contrôler un paramètre du rendement, en l'occurrence une maladie foliaire.

L'opinion de J. CUILLE est qu'il est possible d'étendre cette méthode à un grand nombre de paramètres qui

concourent au rendement et à la qualité finale. De la sorte par des avertissements ou des instructions, on obtiendrait l'homogénéisation recherchée à un niveau élevé de productivité.

Mais, bien entendu, ce système réclame l'adhésion des producteurs, car il ne peut y avoir de coercition. J. CUILLE a insisté de plus sur la rentabilité prévisible :

«La solution n'est pas à l'échelon individuel mais à celui de l'organisation collective. Il n'est pas possible de donner à chaque planteur un conseiller technique, l'encadrement coûterait plus cher que la gestion elle-même. Il faut donc que tous les chefs d'exploitation soient en mesure de recevoir et d'utiliser, systématiquement et en permanence, des informations techniques leur permettant de réaliser, au moment voulu, les travaux nécessaires avec la plus grande économie possible».

Il est à noter, à nouveau, que le problème de la formation des agriculteurs est intimement lié à celui de la diffusion des résultats.

Le réseau bio-climatologique reste la clé du système, échelon intermédiaire et nécessaire entre les résultats de recherches en stations, laboratoires et le conseil adapté aux écologies. La climatologie s'exprime par un ensemble de facteurs qui agit sur la croissance des plantes mais aussi sur le développement des parasites fongiques et, plus ou moins, sur la pullulation des insectes et autres prédateurs.

Ces différents facteurs agissent également sur la rémanence des pesticides employés et sur le devenir des éléments fertilisants apportés au sol. L'intégration de ces différents facteurs avec les conséquences de leurs actions peut permettre de définir différents systèmes de prévision dont l'indicateur demeure toujours la mesure climatique ou phénologique.

Par exemple, sachant qu'en un lieu donné une précipitation de 100 mm a fait disparaître 75 p. cent du pouvoir insecticide d'un traitement, 50 p. cent de l'effet d'une application nématicide, 35 p. cent de la fumure appliquée, on peut calculer le moment à partir duquel la protection phytosanitaire ou la suffisance minérale aura disparu ; en fonction de l'infestation d'une part et des possibilités de croissance de l'autre (température, état hydrique du sol), on décidera des interventions à préconiser.

La parcelle de bananiers adjacents au poste météorologique, conduite avec les meilleures techniques, représente l'optimum qui peut être obtenu dans ce lieu et peut permettre des évaluations sur les durées nécessaires pour la floraison et la récolte. P. LOSSOIS a étudié divers dispositifs qu'il serait souhaitable de mettre en place. J.P. MEYER a déjà abordé le problème de l'estimation de la productivité (Fruits, 1975, n°12, p. 739).

Au cours d'une première phase qui devrait durer quelques années, les enquêtes seront nécessaires (et elles ont débuté pour les niveaux d'infestation de nématodes et de charançons). Elles provoqueront des conseils et de leur

application devrait apparaître un certain nivellement de la situation, de sorte que les avertissements prendront progressivement plus d'efficacité. La conduite des irrigations doit faire l'objet d'une démarche identique. On doit également viser à une fertilisation des sols de bananeraies, là où c'est possible de par leur nature pédologique, pour obtenir une situation plus homogène du terroir. Par la suite, il devient possible de conseiller avec efficacité en matière de nutrition, en tenant compte des conditions climatiques. De même, les études sur les effets de la température et sur la nutrition hydrique fournissent ou fourniront les bases pour les avertissements et les prévisions des récoltes.

Le schéma est donc le suivant :

- obtention de données dans les stations du réseau bioclimatique ; mesures climatiques (rythme de croissance, durée d'évolution des régimes, évolution Cercosporiose, etc.) ;
- obtention de données par l'enquête permanente et les analyses d'échantillons (sols, organes végétaux, nématodes etc.) ;
- interprétation des données :
avertissements par région écologique,
mesures individuelles ;

- application et contrôle :

formation professionnelle, diffusion des avertissements et conseils, contrôle de l'efficacité ponctuelle (encadrement, enquête permanente) et globale (résultats régionaux, études micro-économiques).

En conclusion, la méthode proposée paraît être l'aboutissement normal des divers processus par lesquels jusqu'à présent le transfert des acquisitions techniques de l'IRFA s'opérait aux producteurs. Pour J. CUILLE, il s'agit d'une activité qui doit être distincte de celle de la recherche bananière, même si elle ne peut se maintenir qu'en étroite symbiose avec elle; elle doit avoir sa propre rentabilité. L'objectif étant l'amélioration globale du rendement et de la qualité, elle doit aussi intégrer tous les facteurs de protection des fruits (soins aux manipulations, conditionnement) dont l'importance est aussi évidente que le peu de cas qu'on en fait en général.

Il faut aussi admettre que les chercheurs aussi bien que les spécialistes de l'assistance aux producteurs devront avoir plus qu'autrefois des idées précises sur les paramètres des prix de revient, puisqu'il est à la fois nécessaire de les réduire et d'augmenter les performances de rendement. Le chapitre qui suit traite de ce problème.

ÉTUDES ÉCONOMIQUES

ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION

R.M. CADILLAT estime qu'une meilleure connaissance économique permet une orientation plus judicieuse et une grande rentabilité de la recherche. Il sert peu de dépenser des sommes importantes pour améliorer une technique qui provoque une économie de 5 à 10 p. cent sur un des éléments du prix de revient qui ne représente lui-même que 5 p. cent du coût total. Mais les mêmes sommes consacrées à une amélioration permettant un gain identique sur un élément représentant 20 p. cent du coût auront évidemment un impact notable. D'où l'importance de ces connaissances des coûts.

En outre R.M. CADILLAT, estime indispensable que dans ce domaine tous parlent le même langage. Les agronomes de recherches ainsi que les spécialistes sont conscients de la nécessité de connaître quel peut être l'impact de leurs résultats. Les programmes de recherches

ont tenu jusqu'à présent le plus grand compte des suggestions des producteurs mais, s'il est demandé de prévoir non seulement les chances de réussite d'une opération de recherche mais également ses retombées économiques, il devient évident que des études spéciales sont nécessaires. Il faut également considérer qu'un agronome ou un producteur dispose le plus souvent de plusieurs options dans le système de culture et même, parfois, de plusieurs systèmes de culture. Comment pourrait-on procéder à un choix sans avoir devant les yeux le tableau exhaustif des différentes techniques composant ces ensembles et leurs coûts respectifs.

L'IRFA a été amené à créer un Service d'agro-économie chargé d'étudier ces problèmes. Un certain nombre de travaux récents ont été examinés au cours de la réunion.

DÉFINITIONS, PRIX DE REVIENT

Préalablement, il est nécessaire de se mettre d'accord sur les définitions et sur les modes de calcul des prix de revient.

Ph. MARTIN désire avant tout définir des critères permettant de suivre l'évolution de la productivité d'une bananeraie et, en particulier, de bien connaître les stades auxquels se produisent des pertes, ou les facteurs limitants le plus la production. Il s'agit donc d'une gestion technique.

On résumera ici les suggestions présentées.

Une première série de données (qui sont généralement des ratios) concerne l'évolution de la population initiale de bananiers (B), le coefficient de reprise P/B. Il ne semble pas indispensable de prévoir une donnée «remplacements» et «reprise des remplacements», bien que cela puisse être utile si l'on entend savoir si l'opération est rentable ou non. Le coefficient de vieillissement, calculé à une périodicité régulière, annuelle par exemple, est le

rapport K (bananiers productifs) sur P ou B, les deux expressions étant utiles. Logiquement, d'ailleurs, il serait bon d'éliminer sur le terrain les plantes souffreteuses. Naturellement, cette opération concerne des populations de même âge, donc en fait des carrés repérés.

Le coefficient de floraison F/K porte sur les pieds normaux (K) et il est naturellement aisé aussi de le rapporter à la population initiale B. Il est intéressant de considérer la floraison (totale annuelle) par rapport à la population actuelle et initiale.

Le coefficient de récolte (Rr/F), régimes récoltés par rapport à la floraison, peut se calculer sur diverses périodes ; sur une année, les variations d'intervalles entre floraison et

Note: Ces indices sous forme de lettres, dus à Ph. MARTIN ne doivent pas être confondus avec les éléments chimiques ; ainsi B : population initiale en bananeraie ; P : population reprise ; K : population des bananiers productifs, etc.

récolte peuvent se compenser avec un décalage moyen de l'ordre de 3 mois mais, pour suivre mensuellement, il faut tenir compte plus précisément de ces variations. Les manques sont très importants à connaître pour en déceler les causes, vols, etc., à condition que les comptages soient bien exécutés. Il est intéressant de comptabiliser à part les chutes (C).

La dernière indication, en nombre, est celle des régimes « usinés », c'est-à-dire passant à l'atelier d'emballage. Sont donc exclus les régimes ayant un grade trop élevé (oublis de récoltes antérieures) ou des régimes tombés ou ayant subi des atteintes généralisées de maladies, insectes ou chocs. (Rr - Ru) représente ce nouveau déchet.

Toutes ces données sont importantes pour suivre l'efficacité des travaux et le comportement de la population initiale. Mais elles doivent être complétées par des indications de poids qui demandent naturellement un temps plus important (mais qui sont effectivement importantes pour toutes les interprétations de rendement). Malheureusement, dans beaucoup de situations, on a renoncé dans les exploitations aux pesées des régimes (même seulement ceux qui sont « acceptés » à l'atelier d'emballage), bien que ce soit la seule méthode pour connaître la répartition des pertes en fonction de leur nature et donc pour tenter d'y remédier.

Pour Ph. MARTIN, il faudrait peser les déchets (Pd en est la moyenne) et les rapporter au poids des régimes (Pme : poids moyens des régimes exportables). On sait quelles sont les proportions normales de déchets, constitués principalement par la hampe florale (axe partie femelle) et, dès que ce pourcentage est excessif, l'analyse des différents dommages sur fruits est importante :

- défauts de grade,
- fausses mains ou mains trop petites,
- fruits blessés, ou présentant des traces de maladies, ou des dommages d'insectes,
- anomalie de maturation.

Un autre coefficient proposé est la proportion du total en poids des fruits de catégorie 'extra' et 'première' par rapport au poids total de fruits retenus pour l'emballage. Il exprime la qualité de la production et la quantité de bananes qui sont admises à l'exportation par tolérance et qui ne devraient pas l'être dans des conditions de concurrence avec les meilleures productions mondiales.

Finalement, Ph. MARTIN propose le rythme trimestriel comme le plus intéressant et le moins onéreux pour établir ces coefficients de façon à suivre efficacement une bananeraie. Toutefois, la périodicité des observations varie selon les données :

- bananiers potentiellement productifs _ à la plantation (B)
- bananiers repris _____ bilan à 3 mois (P)
- bananiers potentiellement productifs _ tous les ans (K)
(comptage par différence : relevé des souffreteux, étouffés, etc.)
- floraisons _____ chaque quinzaine

- régimes récoltés _____ à chaque récolte,
au moment des
chargements sur
les véhicules.

- régimes « usinés » (on compte les régimes rejetés à l'entrée de l'atelier d'emballage)

- pesées - la pesée des régimes entrant à l'usine peut se faire mais c'est une opération supplémentaire qui demande une installation spéciale (pesée sur rail porteur) ou des manipulations.

Les pesées des cartons de différentes catégories n'offrent aucune difficulté dans les ateliers normalement équipés.

Par contre, il est nécessaire d'exercer une critique constante sur les données chiffrées qui peuvent chacune comporter des erreurs, lesquelles peuvent éventuellement se cumuler. D'où l'intérêt des comptages généraux de contrôle (taux de pieds fleuris). Ils permettent une prévision plus exacte des récoltes.

Lorsqu'on désire ensuite obtenir des expressions valables du rendement, on doit se mettre d'accord ou du moins indiquer, dans tout document, le mode de calcul. Ph. MARTIN a rappelé quels étaient les diverses expressions du tonnage et leurs intérêts respectifs :

- a) tonnage brut récolté, de peu d'intérêt économique, tonnage brut entrant en station, de peu d'intérêt économique ;
- b) tonnage net emballé, intéressant ; par différence avec la donnée précédente, on dispose du poids des déchets ;
- c) tonnage brut emballé, pesée des cartons pleins, dont on déduit d'ailleurs la donnée précédente par soustractions des tares : cartons, plastiques, etc. ;
- d) le tonnage brut exporté indique le refus éventuel des services de contrôle au port de chargement ;
- e) le tonnage net vendu tient compte des dessiccations des fruits, fruits avariés ... et inconnues diverses.

par rapport à (a) : 100, on peut avoir, au Cameroun
(b) : 78
(c) : 84
(d) : 83
(e) : 73

D'autre part, dans une bananeraie, il faut tout d'abord convenir que l'on exclut de la surface totale les infrastructures, cultures annexes (pour production de matériel végétal, de tuteurs, de paillages), routes, dégagements, etc., pour retenir la surface nette de bananeraie. Cette surface nette se décompose, dans les systèmes utilisés dans les régions où l'IRFA travaille, en :

surface en cours de production
surface en replantation

Il est naturellement normal d'exprimer le rendement en fonction de la surface nette totale (replantation plus

production), si toutefois des jachères longues ne sont pas pratiquées. (Toutefois, R.M. CADILLAT indique, que, dans les réunions ou documents internationaux, on cite le plus souvent des surfaces en production. En réalité il faudrait préciser : avec ou sans jachère ou replantation).

La meilleure expression de la surface nette est donnée par les comptages des populations d'origine (B), à la condition que les distances aux piquetages soient considérées comme assez précises. Ph. MARTIN a évalué au Cameroun que, pour des exploitations moyennes (140 ha est un exemple), les surfaces nettes sont 73 p. cent de l'ensemble, étant entendu que sur le reste 18 p. cent sont affectés aux cultures de bambous.

Lorsqu'on exprimera un rapport $\frac{\text{tonnage}}{\text{surface}}$, il faudra donc bien préciser ce dont il s'agit ; le tonnage net emballé par rapport à la surface nette totale (replantations et production) est le critère global intéressant une exploitation. Le tonnage net exporté et le tonnage net vendu rapportés à la même surface intéressent le gestionnaire.

Les agronomes aimeraient pouvoir suivre une exploitation par carré, en fonction de l'âge. Il est très rare que cela puisse se faire, à cause de l'importante comptabilité que cela nécessite. Mais cela serait déjà très bien de pouvoir disposer des données jugées utiles par Ph. MARTIN.

Une autre catégorie de données est celle des prix de revient des fruits. Beaucoup de professionnels sont étonnés de ce que des chercheurs puissent s'intéresser à ces problèmes, alors qu'il est évident que leur connaissance permet de définir des thèmes de recherches qui auront le plus de chances de présenter des effets économiques importants et que, par ailleurs, la gestion technique d'une exploitation (comme l'établissement d'un système de culture) doit tenir compte du prix de revient de chaque composant technique de l'ensemble.

En général, les producteurs ou leurs organisations coopératives sont très réticents à livrer des données qui peuvent éventuellement servir à d'autres fins que l'amélioration technique. Une certaine concurrence s'exerce entre des pays producteurs, même s'ils ont des intérêts communs, et a fortiori si ce n'est pas le cas. Cependant, pense R.M. CADILLAT, les comparaisons pourraient s'effectuer sur éléments des prix de revient en pourcentages et non en valeurs monétaires absolues.

Pour le Service agro-économique de l'IRFA, il est important tout d'abord d'établir une méthode de calcul convenant à tous les cas qui peuvent se présenter, et donc une liste des paramètres qui permette d'inclure toutes les données et de procéder ensuite aux évaluations selon des programmes bien définis. F. POINTÉREAU a réalisé les études préliminaires, en collaboration avec les agronomes de la Section Bananes.

Beaucoup d'organisations professionnelles et de firmes privées ont établi des prix de revient, mais on n'en dispose

pas, ou on ne peut en citer les détails pour des raisons évidentes de discrétion, d'autant plus que certains prix de revient sont sujets à caution, n'étant calculés que dans un but bien défini. Il faut d'ailleurs distinguer deux sortes d'utilisation de ces évaluations.

La première est l'étude analytique de chaque paramètre et les déductions que l'on en fait sur deux plans :

- le choix des techniques en fonction de leur rentabilité,
- les améliorations de la gestion technique et de la conduite des travaux en exploitation.

La seconde est l'étude comparée des prix de revient (charges) et des produits dans une exploitation ou dans une zone bananière, ce qui peut également permettre de modifier un système dans son ensemble ou d'augurer de l'avenir d'un type de production.

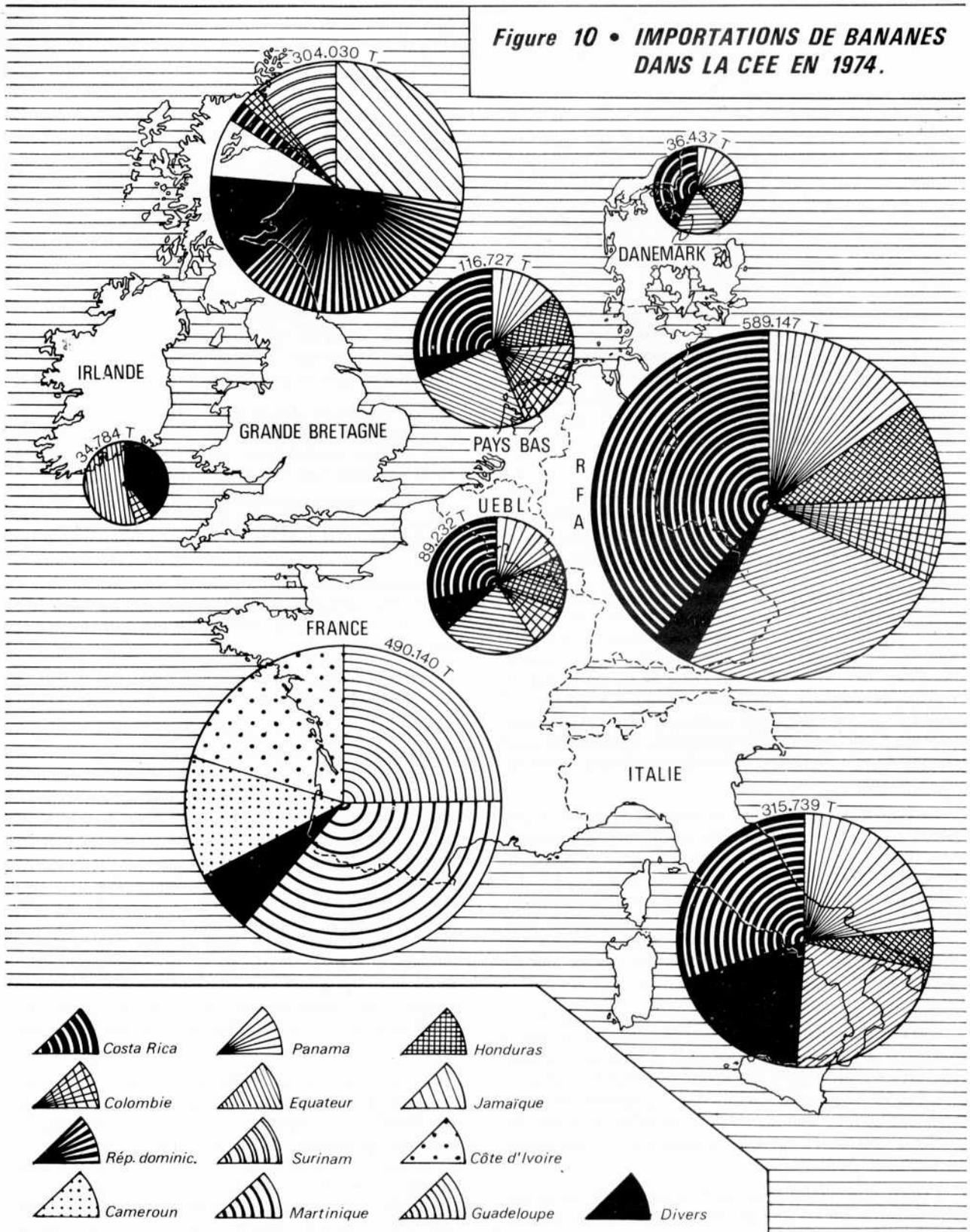
Dans le premier domaine, Ph. MARTIN estime, d'après les expériences qu'il a suivies en Afrique, qu'une modification ou une introduction d'une technique réclame une étude préalable. Celle-ci comporte plusieurs volets :

- le facteur limitant le rendement, que l'on veut réduire (ou éventuellement le manque d'effet d'une technique que l'on croyait bonne) doit être bien précisé ;
- les risques d'échec et les probabilités d'amélioration (les recherches exécutées sur stations sont une base d'appréciation, et c'est en fait la possibilité d'extrapolation qui doit être évaluée) ;
- le prix de revient est-il réduit, maintenu ou augmenté (à la surface et, mieux, au poids).

Dans les quelques exemples cités, Ph. MARTIN montre bien l'importance de facteurs non techniques. « Le désherbage au Gramoxone (dans le cas du Cameroun) doit être en plantation bien entretenues aussi fréquent que le désherbage manuel avec un coût inférieur de 885 F CFA par traitement. Dans ces conditions, le Gramoxone doit être utilisé car il est moins cher et permet de désherber à temps. Toutefois le désherbage manuel doit être utilisé dans deux cas : herbes trop hautes, et lorsqu'il y a un creux dans l'emploi du personnel. A l'économie réalisée par l'emploi du Gramoxone, il faudrait ajouter deux éléments difficiles à chiffrer : l'accroissement de rendement consécutif au maintien permanent de la plantation en bon état de propreté, et l'incidence sur la qualité des soins mieux suivis apportés aux fruits grâce au personnel rendu disponible.

Le choix est parfois rendu difficile par le fait que les avantages d'une technique sont malaisés à estimer. D'après Ph. MARTIN, au Cameroun, c'est le cas de l'irrigation par aspersion qui demande un investissement de 250 000 F CFA/ha et des frais annuels de 73 500 F CFA/ha (y compris amortissements et intérêts du capital). Il s'ensuit qu'il faut augmenter le rendement à l'ha de 3,7 tonnes pour équilibrer. Or, ce gain de rendement doit se faire sur plusieurs

**Figure 10 • IMPORTATIONS DE BANANES
DANS LA CEE EN 1974.**



années puisque l'irrigation diminue la longueur des cycles, que les déchets peuvent être moindres, et que la qualité doit être améliorée.

«L'introduction des nématicides granulés en remplacement du Némagon fait hésiter tous les planteurs devant l'investissement à réaliser, mais les résultats obtenus font que, souvent, il y a eu adoption trop rapide sans s'assurer de la rentabilité du capital investi» - écrit aussi Ph. MARTIN qui a calculé qu'il faudrait produire 3,8 t/ha supplémentaires pour équilibrer la dépense faite en plus. On peut ajouter que les producteurs sont tentés par la facilité des traitements (en exécution et en contrôles) ce qui peut être un facteur assez subjectif.

Il a également examiné le cas de la technique de protection des fruits par interposition de coussins «fabriqués à l'aide de gaines de polyéthylène récupérées à la station d'emballage». Un coussin revient à 4,05 F CFA si toutefois l'on compte le prix de la matière première (ce qui diminue le coût du gainage). Compte tenu qu'un coussin est réutilisable huit fois, qu'il en faut six en moyenne par régime, le traitement d'un régime, pose comprise, est de 6 F CFA. Il faut alors que, par régime, au moins deux fruits de plus soient exportables (réduction des déformations et des grattages) et que le pourcentage en catégorie extra ou première qualité soit augmenté.

Il faut bien admettre que la preuve de la rentabilité peut être difficile à faire et demanderait des expérimentations d'une étendue considérable : il vaut mieux alors juger des résultats d'ensemble.

Une comparaison du haubanage et de l'éclayage par Ph. MARTIN aboutit aux observations suivantes : le haubanage est plus économique, mais on doit limiter la disparition ou le vol des ficelles de polypropylène (surveillance) et utiliser une bonne matière non photosensible. Environ 20 p. cent des bananiers doivent être éclayés car ils sont mal orientés. Enfin, les différences d'efficacité sont difficiles à évaluer et dépendent de la force des vents et de nombreux autres facteurs mal connus.

Comme l'indique Ph. MARTIN, l'analyse économique est difficilement utilisable, sinon a posteriori, pour juger d'une technique, alors que la courbe d'isocoût est simple : «la dépense supplémentaire nécessitée par le changement de technique est divisée par le prix de revient de la tonne de fruits exportée nue plantation, cette opération donnant le tonnage minimum nécessaire pour ne pas accroître le prix de revient». Comme il a été dit précédemment, il est difficile d'intégrer les déplacements de production - qui peuvent être favorables ou non - et, par ailleurs, les économistes estiment que le rapport output/input doit être assez élevé pour inciter aux changements techniques.

Mais ces exposés ont montré que les évaluations des résultats étaient délicates quand on passe à des dimensions d'exploitation de dizaines d'hectares. Il faut, dans une certaine mesure, faire confiance aux expérimentations que l'on corrige par des paramètres pratiques relatifs à l'exécution des techniques.

Les améliorations de la conduite des bananeraies sont finalement des problèmes d'organisation rationnelle, variant avec les dimensions des exploitations. Il y a longtemps que les firmes américaines ont dû établir des règles, parfois strictes et trop rigides, pour toutes les catégories de travaux. Dans la plupart des pays où l'IRFA travaille, les dimensions des exploitations sont petites et supportent donc aisément le type d'organisation que Ph. MARTIN qualifie de «centralisé», et dont il donne les caractéristiques :

«Le planteur ou son représentant distribue chaque matin le travail : consignes aux chefs d'équipe, répartition du personnel. Les avantages sont la souplesse d'emploi des ouvriers, le peu de retard dans les travaux. Les inconvénients sont les contraintes pour le planteur de devoir toujours être présent et, dans une certaine mesure, le manque de spécialisation des ouvriers, et donc une qualité et une quantité de travail dépendant de la valeur de l'encadrement».

Dans l'organisation «spécialisée», le personnel de la plantation est réparti en équipes fixes ne s'occupant que d'une sorte de travail sur toute la plantation (par exemple : oieletonnage, désherbage chimique, traitements phytosanitaires, etc.). L'avantage est évidemment que le personnel acquiert une bonne compétence et que les techniques peuvent être appliquées en temps voulu, avec soin (qualité) et rendement (quantité).

Par contre, le système est rigide, ne tolère pas des pointes inattendues de travail. L'organisation préalable, les prévisions, sont indispensables, ce qui nécessite des cadres en nombre suffisant.

Il convient aux grandes exploitations, à technicité élevée.

Enfin, Ph. MARTIN envisage un dernier système qui est celui d'équipes chargées de tous les travaux sur une partie de la plantation (système localisé) mais, dans la pratique, cette méthode donne peu satisfaction, le personnel ne pouvant avoir la spécialisation pour toutes les sortes de travaux, la souplesse étant faible (pour les creux et pointes) et l'encadrement devant être très efficace.

La conclusion est que, lorsque les dimensions d'une exploitation augmentent, on a intérêt à créer des équipes spécialisées dès qu'elles se justifient. Toutefois, il convient de conserver une masse de main-d'oeuvre suffisante pour que son utilisation très souple réponde aux hauts et bas de diverses interventions qui ne requièrent pas trop de technicité. Enfin, la décentralisation des responsabilités est indispensable, ce qui est lié au problème de la formation.

Sur le terrain, une bananeraie, dans les systèmes où une replantation a lieu périodiquement, est un ensemble composite. L'unité élémentaire (J. MARSEAULT, Ph. MARTIN) est de 3 à 4 hectares ; elle se caractérise par sa surface aussi «carrée» que possible, et par une même date de plantation avec un matériel homogène. Elle est bordée de pistes carrossables et peut en comporter d'autres intérieurement, en particulier pour faciliter les récoltes.

Mais le secteur (qui peut avoir d'autres dénominations) est « l'unité de production et d'organisation fondamentale » de 20 à 40 ha et d'un seul tenant, avec son personnel propre et son encadrement. Il se divise en 3 équipes : les gros travaux (désherbages manuels, manipulations des tuteurs, des régimes, etc.) ; les travaux minutieux (application des produits pesticides, fongicides, herbicides, des engrais ; oeilletonnages, mise en place des étais, etc.) ; les soins aux fruits (épistillage, gainage, ablation de bourgeons, de mains, pose des coussins, comptages, etc.). Il faut ajouter éventuellement une équipe d'irrigation.

Une évolution normale serait de spécialiser les ouvriers et de créer de petites équipes d'intervention (oeilletonnage, herbicides, traitements ...) mais en conservant la possibilité, en cas de nécessité urgente, de reformer des équipes plus importantes.

Le secteur correspond déjà à une bananeraie moyenne. Dans ce cas, il comporte ou non selon les pays un atelier d'emballage et la main-d'oeuvre est alors soit une partie de celle de la plantation, soit souvent une main-d'oeuvre temporaire. En effet, les jours de récolte, qui sont aussi les jours d'emballage, réclament un effectif global qui dépasse fréquemment le total normal disponible de l'exploitation. En Côte d'Ivoire, les ateliers possèdent une partie de main-d'oeuvre propre, et reçoivent un complément de la part des planteurs avoisinants.

Au Cameroun, dans les plantations de l'O.C.B., les blocs ont chacun de 90 à 150 ha, dimensions qui ont été déterminées par des facteurs pédologiques et socio-politiques. Étant distants géographiquement les uns des autres, les blocs sont indépendants et possèdent une station d'emballage au moins, un parc de transports, et leurs employés. Seul le matériel lourd pour la voirie et les replantations est commun aux blocs. Chaque bloc comprend 3 ou 4 secteurs et est dirigé par un chef de bloc.

Le personnel de la station d'emballage constitue, en dehors des jours de conditionnement, l'équipe d'intervention qui doit pouvoir combler les retards dans l'un ou l'autre secteur.

Les programmes de tous travaux sont établis par la direction technique de l'ensemble et les chefs de blocs assurent la distribution des instructions aux chefs de secteurs, en fixant les priorités et en organisant les transports de produits, compte tenu des impératifs de récolte.

Pour en revenir au problème des coûts, ce qui précède signifie bien que, dans un prix de revient annoncé, le choix des techniques les plus rentables, ou de l'ensemble de techniques le plus rentable, est important mais que l'utilisation optimale du travail l'est également (et parfois plus s'il y a perte, gâchis), ce qui est une question d'organisation.

Quelle sera la meilleure façon de considérer les données du prix de revient, la fraction de celui-ci pour une technique donnée avec travail d'une part, produits de l'autre? Ph. SUBRA a présenté son point de vue que l'on cite pratiquement en totalité ; les bases y sont jetées d'un programme

d'évaluation des charges et produits de la production bananière.

Expression du coût.

Il faudrait d'abord se mettre d'accord sur le mode d'expression du coût : en unité monétaire par unité de surface ou par unité de poids, ainsi que sur les définitions de la surface et du poids à prendre en compte.

Définition de la surface.

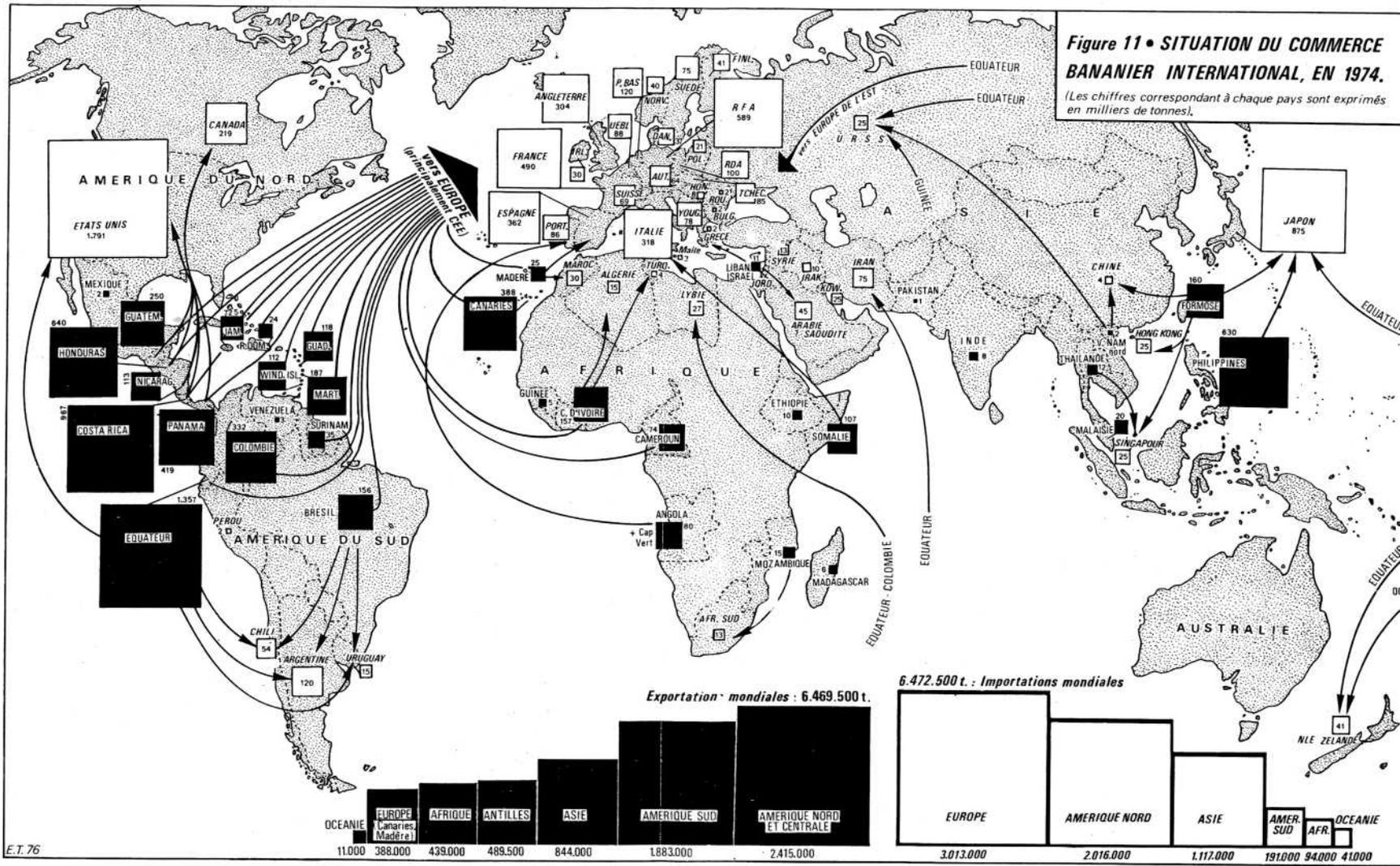
L'unité de surface ne sert en fait que pour l'expression d'un rendement moyen ou comme relais dans les calculs théoriques ; toutes les difficultés de définition de la surface considérée (Ph. MARTIN) sont généralement contournées :

a) dans nos rapports techniques, les rendements sont exprimés en poids par unité de surface en production ; on ne peut conserver cette méthode que dans les cas où la technique étudiée n'influe ni sur la durée, ni sur le taux d'occupation du sol. On peut imaginer que certaines techniques d'irrigation, de drainage, de mécanisation entraînent des modifications de la surface occupée non plantée, qui sont incomplètement prises en compte dans la superficie des parcelles expérimentales ; il faut alors en chiffrer le coût ou l'avantage. Cela est vrai également pour de nombreuses techniques mises en oeuvre qui influent sur les intervalles de plantation à récolte et entre récoltes successives. Le résultat est mentionné, mais on a rarement tenté d'en évaluer l'incidence économique.

b) pour l'établissement des budgets prévisionnels, on distingue les coûts impliqués par les surfaces réellement en production et les charges structurelles qui peuvent s'appliquer à la surface totale ; le décalage réel entre surface plantée et surface en production est rattrapé par l'introduction du facteur « temps » (budgets pluriannuels). Aux budgets prévisionnels on peut assimiler les estimations de prix de revient faites par nos agronomes ou par des organismes professionnels, encore que l'optique soit différente. Certains calculs utilisent bien l'introduction du facteur « temps » pour tenir compte de l'occupation du sol antérieurement à l'entrée en production, mais la durée des cycles productifs est exagérée (J.L. LACHENAUD). Au cas où des surfaces annexes sont utilisées pour la production bananière (plantes à paillage, bambous), il ne faut pas omettre d'en faire apparaître le coût dans les charges structurelles.

c) la comptabilité de l'exploitation enregistre l'ensemble des dépenses ; la somme en est rapportée au tonnage vendu et on peut en déduire le coût par kilo pour l'exercice comptable considéré ; la notion de surface est secondaire et souvent remplacée par celle du nombre de pieds plantés. Un mode d'estimation, en l'absence d'une comptabilité analytique réelle, passe par le relais « coût à l'hectare » ; les comptes sont présentés pour une année moyenne, les coûts de culture du premier cycle étant assimilés à ceux des cycles suivants ; une fraction du coût de plantation est imputée à chaque année de production, mais il n'est pas tenu compte de la durée réelle d'occupation du sol. La méthode évaluant

Figure 11 • SITUATION DU COMMERCE BANANIER INTERNATIONAL, EN 1974.
 (Les chiffres correspondant à chaque pays sont exprimés en milliers de tonnes).



indépendamment l'année de plantation (première production) et les années suivantes de production, est préférable, à condition que la durée des cycles successifs corresponde à une moyenne de cas réels (comme indiqué par A. DARTHE-NUCQ pour la Guadeloupe).

Pour en terminer avec la notion de surface, il faut dire que les estimations se rapportent généralement à des cas théoriques d'exploitations de grande superficie. Il serait très intéressant d'étudier les coûts moyens de plusieurs classes d'exploitation.

Définition du poids.

Dans les cas réels, comme on l'a vu, on aboutit à l'expression d'un coût par unité de poids ; dans les estimations, on y vient à partir des postes de dépenses hors-champ. Le moment du passage du coût par unité de surface au coût par unité de poids n'est d'ailleurs pas indifférent ; ici encore la méthode d'évaluation du coût de la récolte par tonne semble préférable à celle qui intègre la récolte dans les coûts par hectare.

On peut envisager plusieurs stades de prise en compte du poids (Ph. MARTIN) : brut produit (en régimes), net emballé, net vendu. En fait, seuls sont connus de façon générale et officielle :

- le poids brut emballé (duquel on peut déduire facilement le poids net emballé lorsqu'un type unique d'emballage est utilisé),
- le poids net commercialisé.

Il y a encore quelques planteurs qui pèsent la totalité des régimes livrés à la station de conditionnement, mais cette pratique devient exceptionnelle comme au Costa Rica (Standard Fruit) où chaque régime entrant à la Centrale d'emballage est pesé et reçoit une fiche d'identité (R. MALLESSARD).

La freinte entre brut emballé et net commercialisé est à peu près la même pour tous les pays qui nous intéressent directement : 13 p. cent sur le brut emballé, encore qu'on note quelques différences dans sa composition :

	Cameroun-Martinique	Côte d'Ivoire
tare	6 à 7 p. cent	8 p. cent
retenu à quai + dessiccation + avaries	6 à 7 p. cent	5 p. cent

Par contre, on trouve des écarts importants en remontant vers l'amont ; la fraction non commercialisable du tonnage brut récolté (régimes non conformes, hampes, déchets) est évaluée à :

- 12 p. cent à la Martinique (SICABAM)
- 22 p. cent au Cameroun (Ph. MARTIN)
- et probablement 25 p. cent en Côte d'Ivoire.

Des différences aussi importantes se retrouveraient sans doute également entre exploitations d'un même pays. Elles sont dues soit à la conformation des bananes, à la pratique éventuelle de l'ablation de mains sur pied, soit aux soins

apportés en plantation, à la récolte et au transport, soit à la plus ou moins grande sévérité de la sélection ; tous ces facteurs sont liés, comme cela a été exposé précédemment, à la gestion technique de l'exploitation, dont le critère le plus pratique serait en définitive le poids net emballé.

En effet :

- le poids net embarqué peut faire ressortir des erreurs de conditionnement ou une mauvaise concordance entre le fret alloué et le tonnage produit, mais il intègre également des événements hors de portée du producteur ;
- le poids net commercialisé résulte en grande partie de phénomènes indépendants de la gestion de la bananeraie et lorsqu'ils lui sont imputables, il est très difficile d'avoir des renseignements exacts, surtout lorsque la vente est faite en pool.

Par ailleurs, il est devenu indispensable de ventiler le poids par catégories de qualité.

Dans les résultats de nos essais, il serait plus satisfaisant d'exprimer les rendements des différents traitements en poids net emballé ventilé par catégories ; pourtant la réalisation de ce souhait est très délicate, en raison du faible tonnage fourni à chaque coupe par chacun des traitements, et il faudrait aussi que les plus grands soins soient pris à la récolte et au transport de façon que le classement ne résulte que de l'effet du traitement.

Il faut enfin rappeler que la majorité de la production mondiale de bananes n'utilise qu'une expression indirecte du poids : le carton.

En définitive, quand on se place au niveau de l'exploitation, il semble préférable d'exprimer les coûts en unités monétaires par tonne (ou kilogramme) nette emballée et rendue à quai d'embarquement (les frais de quai étant exclus). Deux possibilités :

- on dispose d'une comptabilité réelle qui fournit la somme des charges pour la superficie totale de l'exploitation, sur une période annuelle normale ;
- on fait une estimation du type « budget pluriannuel » qui totalise les charges pour la période comprise entre la plantation initiale et la première replantation (les dépenses d'aménagement du domaine sont à passer en investissements sujets à amortissement), ou entre deux replantations.

Analyse des charges.

Dans le cas - qui nous intéresse jusqu'à présent - d'exploitation en monoculture bananière, l'analyse des charges est simple du fait que les charges fixes peuvent être imputées à une activité unique. La distinction classique entre charges variables (dépenses liées directement à une activité de production spécifique) et charges fixes (charges de l'exploitation indépendantes des activités spécifiques de production) n'a plus guère d'utilité. A la limite, on pourrait interpréter de la façon suivante :

- regrouper dans les charges fixes toutes les dépenses de structure normales et les dépenses de fonctionnement correspondant aux techniques minimales habituelles de culture pour l'exploitation du type considéré, ou encore, dans un essai, l'ensemble des dépenses courantes indépendantes de la technique en expérimentation ;
- considérer comme charges variables les dépenses supplémentaires découlent soit d'une technicité plus poussée, soit d'un comportement de luxe, et toutes les dépenses liées non seulement à l'intensité de l'activité mais également au rendement (récolte, conditionnement, etc.), ou encore, dans un essai, toutes les dépenses liées (en amont ou en aval) à l'introduction de la technique testée ainsi que les dépenses de récolte, conditionnement.

L'analyse de la marge brute (MB = produit brut - charges variables ; par définition le profit est maximal lorsque la marge brute est maximale) permettrait alors d'évaluer en termes monétaires l'efficacité de la gestion de l'exploitation ou bien l'avantage d'une technique nouvelle.

Dans la pratique, de telles études exigent qu'on dispose d'une comptabilité précise permettant de ventiler les dépenses (main-d'oeuvre, approvisionnements, etc.) entre les différentes opérations du programme technique, et de l'arsenal adéquat de saisie des données (carnet d'exploitation, fiches de travaux, bons de sortie-matières, feuilles de bord des véhicules et engins, etc.). Le service d'Économie rurale de l'IRFA étudie actuellement la mise au point d'un programme de calcul pour la confection des budgets prévisionnels et l'analyse de gestion des exploitations et, pour ce faire, il a dressé un programme technique des opérations.

La collaboration des stations est sollicitée pour l'attribution de valeurs initiales aux variables et leur mise à jour, pour la définition des types d'exploitation à prendre en considération, pour la fourniture de données d'accès direct lorsque les stations possèdent leur propre exploitation. Quel que soit le travail supplémentaire occasionné, il n'y a pas d'autre moyen d'échapper aux approximations qui conduisent fréquemment à des aberrations.

L'inconvénient des budgets prévisionnels basés sur des estimations est de maximiser les coûts, alors qu'un bon gestionnaire devra chercher à économiser sur les épandages d'engrais ou sur les applications de traitements chaque fois que les conditions extérieures le lui permettront.

Enfin, il sera nécessaire de connaître avec plus de précision le montant des frais généraux. Pour la Côte d'Ivoire, on possède des éléments de base assez détaillés, desquels on déduit que les frais généraux représentent environ 35 p. cent des dépenses d'exploitation ; aux Antilles, on applique souvent un taux forfaitaire de 25 p. cent, sans le détailler. L'étude des frais généraux devra être liée à celle des différents types d'exploitations (influence, en particulier, du niveau de l'encadrement), de même que celle des frais financiers (intérêt sur capital d'exploitation, etc.).

Expression du produit.

Si on décide de fixer l'évaluation du coût au stade du quai d'embarquement, il faudra, bien entendu, faire l'évaluation du produit brut à ce même stade. On répète ici que ce choix paraît le plus convenable sous l'angle du producteur, car c'est le stade au-delà duquel le fruit est pratiquement pris en charge par d'autres organismes (coopérative, organisation commerciale, exportateur, etc.) et à partir duquel les initiatives individuelles du producteur n'ont plus d'incidence, laissant la place à des effets de masse (équipement de manutention, contrats d'affrètement, recherche des marchés, etc.).

Le calcul de rapprochement de la valeur de réalisation au stade du quai-départ ne présente pas de difficulté particulière. Dans les cas réels il apparaît dans les comptes de vente fournis par les commissionnaires, les exportateurs ou les coopératives. Il est toutefois important de connaître le détail des frais de quai-départ à quai-arrivée, pour pouvoir faire des recoupements à partir de valeurs c.i.f. ou f.o.b. ou pour trouver ces valeurs. Le produit brut réel, obtenu par addition des comptes de vente, intègre évidemment les variations des réalisations liées à l'évolution saisonnière des prix et aux conditions spécifiques des différents marchés.

Par contre, pour l'établissement des budgets prévisionnels ou pour l'étude de l'avantage d'une technique, il est nécessaire de tenir compte de ces variations. L'effet minimisant des marchés de dégageement est bien connu en Côte d'Ivoire et maintenant, sans doute, au Cameroun ; or la part de ces marchés dans les exportations varie au cours de l'année, de même que les cours pratiqués sur le marché français. De sorte que la réalisation obtenue pour la production d'une exploitation donnée, ou découlant d'une technique donnée, peut être sensiblement différente de la réalisation moyenne annuelle pondérée pour la production globale du territoire, selon la répartition de cette production spécifique au cours de l'année (effet du rythme de replantation, de la date de plantation, de la durée du cycle productif, de l'irrigation, etc.). Il s'agit d'un aspect du problème très généralement négligé dans l'interprétation des résultats expérimentaux.

Il faut enfin rappeler qu'une très grande partie de la production mondiale de bananes est vendue par les producteurs au stade f.o.b. et à prix fixe pouvant être réajusté tout au plus une fois par an.

L'importance et la diversité des exposés, à cette réunion, a démontré la tendance des agronomes chercheurs et des spécialistes à s'intéresser de plus en plus aux problèmes économiques, l'obtention de résultats utilisables étant pour eux la meilleure incitation qui soit. Le fait que des ingénieurs aient été détachés auprès d'organismes professionnels ou même de développement a contribué à une sensibilisation croissante à ces problèmes.

Il faut retenir que la méthodologie (Ph. SUBRA, Ph. MARTIN entre autres) doit être bien définie, de façon à ce que les études ultérieures sur des modèles ou des systèmes de

On aura bien sûr remarqué qu'il n'a été question que de cultures bananières pures pour l'exportation. Toutefois, toute autre culture pure pour la consommation interne serait justiciable des mêmes règles. Le problème se complique dans les exploitations polyvalentes (comme en Australie,

Israël, Brésil), ou bien dans les cultures traditionnelles. Dans ces dernières, les investissements et fonctionnements sont presque exclusivement de travail humain ; les productions sont auto-consommées ou vendues dans des proportions variables.

PRODUCTION ET EXPORTATION : ÉCONOMIE MONDIALE

Le type d'études est réalisé à l'IRFA par R.M. CADILLAT et ses collaborateurs et les résultats en paraissent régulièrement dans cette même revue.

Les productions de bananes, au sens large, c'est-à-dire bananes douces exportées ou non, bananes de cuisson, bananes à bière, ne sont que très approximativement connues. Dans une réunion internationale sur les bananes à cuire (Ibadan, janvier 1976), cette grande imprécision a été mise en évidence. Les pays qui prétendent avoir le record de production avec plus du million de tonnes ne manquent pas : Inde, Brésil et d'autres. Bien que les bananiers aient une grande importance dans l'alimentation de toutes les populations des régions chaudes et humides, souvent forestières, on manque de données de base pour entreprendre toutes les recherches qui seraient nécessaires, alors que pour le riz, le maïs et d'autres céréales, on est mieux informé.

L'IRFA n'a pas de moyen pour améliorer cette situation : c'est l'affaire des organisations internationales et des autorités de chaque pays de procéder à des bilans statistiques, d'évaluer les nombres de plantes, les productions, et de faire étudier les circuits commerciaux intérieurs et les rares exportations. La FAO a l'objectif de débiter ces études et le Centre économique de l'IRFA a été contacté pour apporter sa collaboration à ces travaux.

Dans les pays où l'IRFA mène une action, les agronomes ont toutefois enquêté sur les prix de vente des bananes plantains, en particulier sur les marchés urbains. Les niveaux sont parfois assez élevés pour justifier des tentatives d'améliorer des cultures, parfois même des systèmes intensifs. Il arrive que ces prix soient comparables à ceux de la banane douce exportée, au même stade (arrivée dans un port). J. GUILLEMOT a indiqué quelles étaient les quantités de plantains commercialisés dans la ville d'Abidjan, et les prévisions pour les années à venir.

Les informations sur le commerce d'exportation, caractérisées par le transport à plus ou moins longue distance vers des régions situées hors de la zone de culture, sont assez précises. Le centre économique de l'IRFA qui se trouve représenté par R.M. CADILLAT aux réunions internationales du groupe intergouvernemental des bananes de la FAO et dans le groupe statistique du même organisme, tient à jour les informations statistiques qui sont comparées à celles d'autres organismes.

Quel en est l'intérêt pour la recherche ? Les évolutions des productions et des modes de commercialisation imposent des contraintes au plan mondial contre lesquelles les

mesures de productions nationales, ou de protections de zones, luttent très imparfaitement. On s'en est rendu compte lorsque le mode de conditionnement et les normes de dimensions des fruits furent modifiés par les sociétés multinationales américaines opérant en Amérique centrale. La plupart des pays producteurs durent s'aligner rapidement sur ces techniques sous peine de perdre des marchés, ce qui a été une réelle menace pour certains.

Pour des raisons techniques (J. CHAMPION, Fruits, 1975, n°1, p. 11), économiques et politiques (H. GUIGNARD, Fruits, 1975, n°5, p. 353), les productions bananières évoluent constamment, ce qui apparaît en données chiffrées dans les synthèses régulières de R.M. CADILLAT. L'information est donc essentielle non seulement pour les organisations professionnelles mais pour les agro-économistes et les chercheurs. Leur possibilité d'intervention est réduite, mais peut être parfois indispensable pour faire face à une nouvelle situation.

Les productions qui alimentent directement leurs marchés traditionnels sont très peu nombreuses (mais ce sont celles où l'IRFA joue un rôle technique) en regard des importantes productions du continent centre et sud-américain, et nouvellement de la production asiatique (Philippines). Mais le marché mondial étant contrôlé à 70 p. cent (H. GUIGNARD) par les sociétés multinationales, celles-ci font la loi envers les producteurs des quelques pays où elles ne produisent pas elles-mêmes en majorité. Les réactions sont de plus en plus fortes à cet état de choses (création de l'UPEB, Union des Pays exportateurs de bananes en septembre 1974) mais les États sont encore loin de pouvoir agir de concert afin de réglementer le commerce international. Toutefois l'idée d'une telle organisation fait son chemin (réunion du groupe international à Abidjan, cf. Fruits, 1975, n°6, p. 415-430).

Ce qui doit intéresser les techniciens est finalement la situation agro-économique dans un pays par rapport à d'autres et donc les chances de survie, de développement, en fonction des évolutions diverses des politiques socio-économiques. On retrouve donc l'objectif général qui est de diminuer le coût au kilogramme de bananes exportées en augmentant le rendement plus que les charges.

Une comparaison graphique des situations en 1970 et 1974 montrerait que certains pays disparaissent de la scène mondiale alors que de nouveaux producteurs de bananes surgissent. En l'absence de protections, certains pays se trouvent très vulnérables par suite de catastrophes naturelles (typhons, inondations), de manœuvres commerciales, etc.

CONCLUSIONS

Dans le domaine des recherches agronomiques, il est toujours difficile de conclure, le progrès se faisant par une succession d'améliorations dont l'ensemble constitue peu à peu l'innovation recherchée. Du moins peut-on périodiquement constater l'avancement des études, les résultats pouvant être provisoires ou incomplets, et être considérés comme les étapes d'un programme en cours.

On présentera donc brièvement quelques aspects de ces acquisitions scientifiques et techniques, le lecteur pouvant retourner au texte pour plus de précisions. De plus, les spécialistes qui ont collaboré aux divers travaux évoqués dans cette publication sont toujours prêts à répondre aux questions que les lecteurs voudraient leur poser.

Pour terminer, on évoquera ce que pourraient être les recherches sur le bananier, dans les années à venir.

L'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes développe des relations constantes avec les organisations internationales et les chercheurs oeuvrant, isolément ou en groupes, dans divers pays de l'étranger traditionnel. Dans ces derniers, l'IRFA poursuit certains travaux, mais les activités majeures se situent dans les départements français d'outre-mer ou dans les États francophones d'Afrique. Les études sur les bananiers, entre autres, sont donc avant tout destinées à ces utilisateurs et par conséquent à des systèmes de culture notablement différents de ceux qui sont pratiqués en Amérique continentale par exemple.

Cela n'exclut pas que de nombreux résultats de recherches aient une portée plus générale et soient utilisables dans d'autres régions du monde ; d'ailleurs, ils sont publiés et donc disponibles à tous.

Le tableau présenté plus loin, sans être complet, présente les grandes catégories de recherches et les thèmes principaux, les modes d'action sur la production qui découlent des résultats. Puisque cette production, dans la zone d'action de l'IRFA, se caractérise par un milieu très varié, on a insisté sur la nécessité de définir les régions écologiques. On estime en effet que c'est à cette échelle géographique qu'a lieu le passage des résultats à leur utilisation adaptée.

Les progrès induits à ce niveau de la région écologique supposent que les agriculteurs soient réceptifs et donc qu'ils soient informés et formés. L'expérience montre que pour cette culture de longue durée, les nouveautés techniques sont bien acceptées et que les agriculteurs discernent rapidement leur propre intérêt. Ils deviennent demandeurs de recherches. Les responsables professionnels, ceux des plans de développement, interviennent dans la définition des objectifs des programmes de recherches, établis après concertation entre les agronomes et les chercheurs.

Les grandes catégories de recherches ont été classées dans ce document d'une manière qui paraissait logique. Mais les thèmes auraient pu être présentés tout autrement. Il est évident qu'il existe des liaisons nombreuses et compliquées, par exemple entre les études de la plante, entité génétique, et celles qui concernent un ensemble de ces plantes, constituant une bananeraie. L'agronome intervient d'ailleurs principalement à ce niveau, disposant, grâce aux recherches plus approfondies et spécialisées, d'un ensemble de données de base. Pour conserver cette population de bananiers dans le meilleur état et le plus longtemps possible, il est nécessaire de conduire les bananiers selon des règles précises, il faut subvenir aux besoins nutritifs et les protéger contre les prédateurs, parasites, viroses qui se développent plus ou moins intensément dans l'ambiance de la bananeraie. Si la troisième catégorie de recherches portant sur le produit, sa conservation, sa qualité, éloigne du lieu même de production, on y revient avec les recherches agro-économiques sur les systèmes de culture, où s'imbriquent les paramètres techniques, économiques et sociaux.

Ce classement fait, on peut rappeler quelques points importants sur les études récentes et leur évolution. Les connaissances sur les bananiers en général, dont les variétés sont nombreuses ont pu être considérées comme documentaires ; l'IRFA travaillant seulement sur deux ou trois cultivars commerciaux du sous-groupe Cavendish. Depuis peu, quelques pays tropicaux souhaitent améliorer les productions qu'on appelle communément «bananes à cuire» pour mieux approvisionner les grands centres de consommation. On a étudié trois cultivars de plantains et, à la Station de

Nyombé au Cameroun, obtenu des rendements élevés. Mais il est nécessaire d'aller au-delà des variétés de plantains, déjà connues et se trouvant dans nos collections. L'objectif est d'utiliser d'autres types plus résistants aux parasites et prédateurs. Ce travail a débuté. Si dans certains cas, les extrapolations de connaissances déjà acquises sur bananiers à fruits exportables sont possibles, on doit dans d'autres aborder de nouvelles études (comment lever l'inhibition de la croissance des rejets). Une autre recherche indispensable est l'évaluation de la valeur culinaire des pulpes de divers cultivars. Dans un proche avenir, l'IRFA devra élargir nettement la gamme variétale étudiée.

Les études sur le développement et la croissance du bananier a porté presque toujours sur le cultivar 'Poyo' le plus largement cultivé industriellement. La plupart de ces connaissances de base demandent seulement à être précisées pour d'autres cultivars. Les phases du développement sont mieux connues. La croissance précoce du rejet encore dominé par la plante principale semble en relation directe avec la production ultérieure. La courte période précédant et suivant l'émission à l'extérieur de l'inflorescence voit les jeunes fruits s'allonger si vite qu'on suppose qu'elle est une phase critique, mais on ne peut négliger le lent grossissement ultérieur des bananes qui conduit au stade de maturation. Discerner si les structures des régimes à ce moment sont normales ou non a réclamé l'étude des gradients entre mains et fruits. Dans certaines régions, les effets écologiques aboutissent à des pertes de bananes à l'exportation, si ces gradients sont trop prononcés. Le rôle de la température dans la croissance foliaire a été traduit en expression mathématique, de même que l'effet sur le grossissement des fruits. Il a été démontré que les bananiers présentent une évapo-transpiration maximale nettement plus élevée qu'on ne le supposait, et on en a déduit un programme d'études des besoins minimaux et optimaux. Parallèlement aux études de nutrition minérale à long terme (bilans minéraux, mise au point de méthodes d'échantillonnage pour des analyses représentatives de l'état de la nutrition) c'est surtout les rôles du potassium et de l'éclaircissement et leurs interactions qui ont fait l'objet d'expérimentations des physiologistes, l'objectif initial étant d'élucider les causes de l'anomalie de la pulpe jaune. La nutrition carbonée a été abordée à cette occasion.

Les dimensions des bananiers ne permettent pas de travailler en enceintes contrôlées, et l'étude porte soit sur un paramètre présumé important, que l'on fait varier artificiellement, soit sur des plantes d'âges différents subissant les effets des variations climatologiques naturelles.

On acquiert donc progressivement des bases pour juger la normalité ou non de la croissance (vitesse), des dimensions (feuilles, fruits, racines), de l'aspect (symptômes décelables à vue), de teneurs (analyses d'éléments), etc.

Il faut modestement convenir qu'en travaillant sur des bananiers en champ on ignore, (à moins d'interrompre l'expérimentation en les sacrifiant), l'état des parties souterraines. En les protégeant contre les parasites et prédateurs par des produits chimiques, on crée généralement de faibles phytotoxicités dont les effets ne peuvent être mesurés. On ne peut prélever des portions d'organes aussi souvent que cela serait souhaitable, sous peine de perturber finalement la plante.

Les expérimentations relatives à l'écosystème bananier sont diverses et font appel à de nombreuses disciplines, comme l'indique le tableau déjà cité. Établir une population de bananiers ne présente plus de grandes difficultés : les règles d'aménagement et d'assainissement du terrain sont bien fixées, le choix du matériel végétal également (quoique en certaines écologies, se pose le problème de sa qualité, encore incomplètement étudiée). Le succès de la plantation initiale conditionne pour une grande part la productivité des cycles suivants. Les véritables problèmes se posent pour le maintien, la durée de la bananeraie, la compatibilité entre la densité de la population, l'homogénéité, éventuellement la mécanisation interne, etc. Dans les années récentes, les agronomes et spécialistes ont dû tenir compte de l'élévation des coûts et viser aux économies. Les études agro-pédologiques ont permis de connaître, selon les sols, le degré de lixiviation de certains éléments ou au contraire leur éventuelle accumulation, de procéder en conséquence aux apports à des doses et cadences adaptées à ces résultats, à les répartir sur le terrain plus largement, les systèmes de racines ayant été par ailleurs améliorés.

Le maintien de la bananeraie dépend aussi de la manière dont elle est protégée contre les atteintes climatiques (vents) et surtout biologiques : la prévention ou les soins constituent un volet très important des activités de recherches. Sans revenir aux détails, on considère que ces dernières années, les méthodes de contrôle des nématodes des racines se sont consolidées, sans qu'il soit possible d'atteindre l'éradication. Pour le charançon (*Cosmopolites sordidus*) on parvient à des états sanitaires satisfaisants qui autorisent l'arrêt ou le ralentissement des traitements : le problème est de trouver des produits de remplacement pour le cas d'interdiction d'emploi de celui qui reste le plus efficace actuellement. D'une manière similaire, la recherche de fongicides nouveaux pour la Cercosporiose (un d'eux s'est montré satisfaisant) est essentielle pour obtenir une certaine sécurité, la menace d'avoir à lutter contre des formes résistantes étant toujours présente. Quant aux plantes virosées et aux herbes adventices, l'unique solution est de les détruire sans qu'on puisse empêcher leur réapparition. Des études plus poussées de la mosaïque sont prévues, une technique d'éradication continue ayant été mise au point pour les producteurs des zones très atteintes.

Globalement, un état sanitaire satisfaisant peut être maintenu, il est vrai avec des dépenses élevées. Les objectifs sont donc d'obtenir une bonne sécurité technique et de détecter les économies possibles.

La sensibilisation des producteurs aux problèmes de qualité du produit est lente et encore incomplète, bien que des progrès très sensibles aient été faits. Les agriculteurs ne se préoccupaient que des performances de rendements. Aujourd'hui, ils appliquent des techniques précises de protection, pour lesquelles les recherches apportent seulement des améliorations : effet du gainage, intérêt de l'ablation de dernières mains, réduction des dommages entre fruits - méthodes de traitements fongicides. Cependant, de temps à autre, des alertes surgissent quant à la qualité des fruits au mûrissement et montrent que les problèmes peuvent se poser à nouveau, particulièrement en ce qui concerne les atteintes fongiques.

L'ensemble des recherches aboutit à des résultats. Dans le but de les utiliser au mieux, les spécialistes définissent des normes, des méthodes de diagnostic et de contrôle, ou d'avertissements, de l'imminence d'une infestation parasitaire, de l'intérêt d'appliquer certains engrais en fonction des informations climatologiques. On a insisté sur cette phase qui prépare et permet le passage des nouvelles connaissances aux agriculteurs.

La dernière sorte de recherches qui a été distinguée des autres concerne la mise au point de systèmes de culture bananière répondant à des conditions ou à des objectifs spéciaux. La distinction est d'ailleurs floue entre l'amélioration continue d'un système existant ou l'élaboration d'un nouveau système. Pour les terres organiques de l'Agnéby, en Côte d'Ivoire, il apparaît que les modifications qui seraient nécessaires sont assez nombreuses pour qu'on se place dans le second cas. Comme on l'a exposé, les techniques agronomiques classiques sont toutes à reconsidérer, ce qui a lieu actuellement : amendements, irrigation, fumure azotée, etc. Bien que très modestement, le problème des systèmes mécanisés est abordé, et deviendra certainement de première importance, le problème de la main-d'oeuvre se posant de plus en plus fréquemment.

Nous parvenons logiquement aux études économiques

au niveau des exploitations, qui débutent à l'IRFA ; on se contentait antérieurement des informations des producteurs et de leurs groupements professionnels, mais il est apparu nécessaire d'aller plus loin. Tout un chapitre porte sur les divers aspects : le choix des techniques en fonction de leur rentabilité, la conduite technique d'une exploitation, les moyens d'évaluer la productivité en fonction de l'âge des bananeraies, la recherche des causes de pertes de régimes ou de bananes. C'est une voie d'études qui se développe très nettement depuis quelques années.

Il est donc évident que l'IRFA pratique une recherche allant jusqu'à l'application aux champs, d'abord sur ceux de ses Stations, et sur les exploitations elles-mêmes. Ce caractère intégré peut être jugé comme un défaut par ceux qui s'en tiennent aux aspects scientifiques limités à l'acquisition de connaissances nouvelles. Par contre, les utilisateurs insistent pour que les résultats soient vérifiés dans les conditions mêmes de la production, avec toutes les adaptations qui peuvent être nécessaires. On constate qu'ils sont vivement intéressés par une généralisation des modes d'avertissement et de contrôle qui leur sont proposés. Afin d'être certains d'appliquer correctement les résultats de la recherche, plusieurs organisations professionnelles ont demandé que des ingénieurs de l'IRFA interviennent directement dans leurs actions agro-techniques.

Cette organisation de la recherche et de son application immédiate est souvent enviée à l'étranger où l'une est faite par des chercheurs isolés dans des universités ou des instituts d'agronomie générale et l'autre laissée aux soins d'organismes de vulgarisation, sans liaisons organiques. Nous considérons que l'ensemble structuré : laboratoires, champs d'expérimentations, les équipes de chercheurs spécialisés et chercheurs agronomes, l'appui des biométriciens, économistes, documentalistes, sont indispensables pour une efficacité maximale, lorsque celle-ci est mesurée aux résultats économiques.

Tout en acceptant l'idée d'améliorer le système actuel en fonction de l'évolution générale des outils de recherches français, nous souhaitons que soit préservé et accru ce qui constitue l'essentiel d'une équipe de recherches : sa cohésion, son expérience et son engagement sur le terrain.

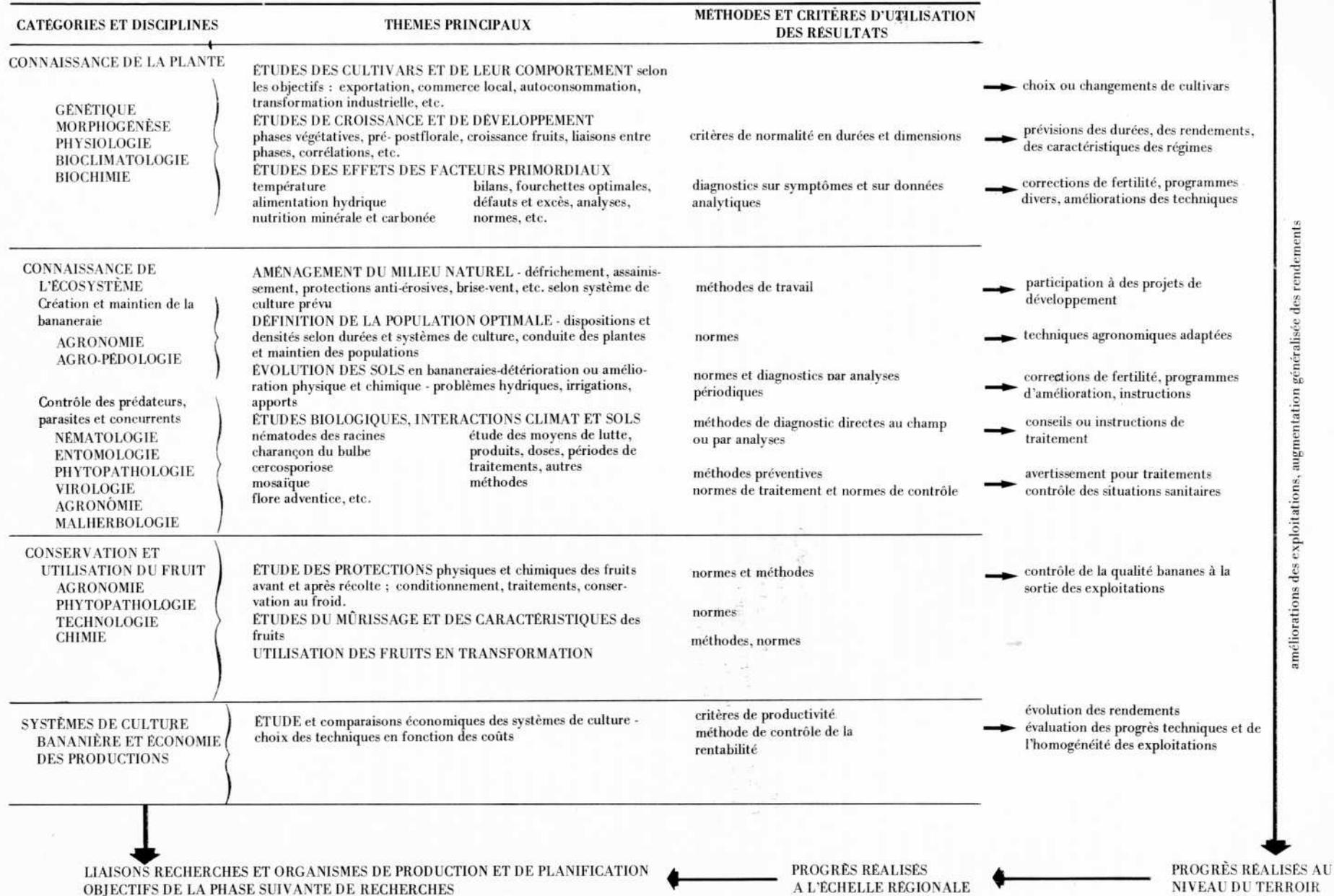
CONNAISSANCE DU MILIEU
(études réalisées par organismes
spécialisés)

ETUDES SOCIO-ECONOMIQUES
ETUDES TOPOGRAPHIQUES ET HYDROLOGIQUES
ETUDES PÉDOLOGIQUES
ETUDES CLIMATOLOGIQUES

DEFINITION DES ECOLOGIES
- LES TERROIRS

(= base du réseau des études bio-
climatologiques)

RECHERCHES IRFA



améliorations des exploitations, augmentation généralisée des rendements

LIAISONS RECHERCHES ET ORGANISMES DE PRODUCTION ET DE PLANIFICATION
OBJECTIFS DE LA PHASE SUIVANTE DE RECHERCHES

PROGRÈS RÉALISÉS
A L'ÉCHELLE RÉGIONALE

PROGRÈS RÉALISÉS AU
NIVEAU DU TERROIR

PUBLICATIONS DES CHERCHEURS DE L'IRFA SUR LES PROBLÈMES BANANIERS PARUES DANS "FRUITS"

- 1972.
- AUBERT (B.).**
Quelques aspects de la culture bananière en Union indienne et notamment dans les environs de Bombay
(6), p. 415-423.
- CADILLAT (R.M.).**
Situation bananière mondiale.
(9), p. 651-658.
Le commerce mondial des produits transformés de la banane.
(10), p. 734-735.
- CHAMPION (J.).**
La seconde conférence technique FAO sur la production de la banane, Guayaquil, 2-8 octobre 1972.
(12), p. 865-874.
- GANRY (J.) et MEYER (J.P.).**
La lutte contrôlée contre le *Cercospora* aux Antilles. Bases climatiques de l'avertissement - technique d'observation et de numérotation de la maladie.
(10), p. 665-676, (11), p. 767-774.
- GUEROUT (R.).**
Relation entre les populations de *Radopholus similis* COBB. et la croissance du bananier.
(5), p. 331-337.
- LACHENAUD (J.L.).**
Protection contre le thrips de la rouille par gainage du régime de bananes.
(1), p. 17-19.
- LASSOUDIÈRE (A.).**
Evolution des caractéristiques des inflorescences avant leur sortie du faux-tronc du bananier.
(1), p. 5-15.
Utilisation des herbicides en culture bananière. Etude bibliographique.
(2), p. 87-105.
Evolution de la production bananière en Côte d'Ivoire.
(12), p. 829-853.
- LECOQ (J.).**
L'évolution de l'économie bananière au Cameroun.
(10), p. 677-696.
- MARCHAL (J.), MARTIN-PREVEL (P.) et MELIN (Ph.).**
Le soufre et le bananier.
(3), p. 167-177.
- MELIN (Ph.).**
Potentiel de productivité d'un cultivar de 'french plantain' (résultats préliminaires).
(9), p. 591-593.
- MELIN (Ph.) et DJOMO (E.).**
Importance économique de la banane plantain au Cameroun.
(4), p. 251-254.
- MELIN (Ph.) et MARSEAULT (J.).**
Intérêt de l'irrigation en bananeraie au Cameroun.
(7-8), p. 495-508.
- MOREAU (B.) et ROBIN (J.).**
Un essai de fumure potassique et magnésienne sur bananiers à la Station d'Ivoloina (Tamatave, Madagascar).
(9), p. 595-602.
- VILARDEBO (A.), GUEROUT (R.), PINON (A.) et MELIN (Ph.).**
La lutte contre les nématodes du bananier. Synthèse des études récentes avec les nématicides Némacur et Mocap.
(11), p. 777-787.
- 1973.
- AUBERT (B.).**
Particularités anatomiques liées au comportement hydrique des bananiers.
(9), p. 589-604.
- BEUGNON (M.) et VILARDEBO (A.).**
Les nématodes du bananier à Madagascar. Aspect du problème et son importance économique.
(9), p. 607-612.
- CADILLAT (R.M.).**
Répartition des bananes en France en 1971.
(1), p. 74-77.
Bilan et devenir de la banane (5e Session FAO du groupe intergouvernemental, Brème, juillet 1973).
Première partie, (9), p. 659-663.
Deuxième partie, (10), p. 737-743.
Colloque bananier à Dieppe, 11-12 octobre 1973.
(12), p. 893-895.
Présentation du navire polytherme polyvalent «Pointe Madame»
(12), p. 901-902.
- FOURCADE (I.) et LAVILLE (E.).**
Obtention *in vitro* de souches résistantes au Benomyl chez le *Cercospora musae* ZIMM.
(2), p. 103-105.
- FROSSARD (P.), LAVILLE (E.) et MOTILLON (J.).**
Etude des traitements fongicides appliqués aux bananes après récolte. I.- Action des thiophanate et méthylthiophanate.
(3), p. 195-202.
- FROSSARD (P.) et LAVILLE (E.).**
II.- Action du «Carbendazim» (2-methoxy-carbamoyl-benzimidazole) BAVISTINE.
(9), p. 617-622.
- GANRY (J.).**
Etude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température
(7-8), p. 499-516.
- GANRY (J.) et MEYER (J.P.).**
La lutte contrôlée contre le *Cercospora* aux Antilles. Application de techniques d'observation et de numérotation de la maladie. Bilan de trois années de traitement à cycle long (fongicide systémique huileux).
(10), p. 671-680.
- GODEFROY (J.) et MELIN (Ph.).**
Action des apports de soufre sur les caractéristiques chimiques d'un sol volcanique en culture bananière.
(4), p. 255-261.
- GUEROUT (R.) et PINON (A.).**
Utilisation du Prophos dans la lutte contre *Radopholus similis* COBB. (Nematida, Tylenchidae) en bananeraie.
(11), p. 751-756.
- GUILLEMOT (J.), LACHENAUD (J.L.) et DORMOY (M.).**
Quelques caractéristiques de sols des zones bananières de la Martinique.
(5), p. 335-349.
- LASSOUDIÈRE (A.).**
La culture bananière sur sols hydromorphes dans la zone du Niéké (Agneby) en Côte d'Ivoire.
Première partie, (2), p. 85-102.
Deuxième partie, (3), p. 171-187.
La carence en cuivre du bananier.
(5), p. 357-362.

- Le bananier plantain en Côte d'Ivoire.
(6), p. 453-462.
- MELIN (Ph.)
Études de nouveaux fongicides sur la Cercosporiose du bananier.
(6), p. 429-431.
- MELIN (Ph.) et AUBERT (B.).
Observations sur un type de maturation (pulpe jaune) de la banane avant la récolte.
(12), p. 831-842.
- MELIN (Ph.) et VILARDEBO (A.).
Efficacité de quelques nématicides en bananeraie dans les sols volcaniques de la région du Mungo (Cameroun).
(1), p. 3-17.
Nématicide et désinfection à l'eau chaude dans la lutte contre *Radopholus similis* en bananeraie.
(12), p. 843-849.
- MOREAU (B.).
Culture bananière à Madagascar.
(9), p. 613-616.
- PINON (A.) et GODEFROY (J.).
Utilisation des parches de café et coques de cacao en bananeraie.
(4), p. 263-269.
- VILARDEBO (A.).
Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* GERM., le charançon noir du bananier.
(6), p. 417-426.
- 1974.
- BEUGNON (M.).
Blessures des bananes avant la récolte des régimes (région de Tamatave, Madagascar).
(1), p. 17-22.
- BEUGNON (M.) et VILARDEBO (A.).
Étude comparée des nématicides DBCP, prophos et phenamiphos à Madagascar.
(12), p. 785-789.
- CADILLAT (R.M.).
Aperçu sur la production fruitière mondiale.
(5), p. 407-408.
Réunion Bananes FAO, Rome 16-24 mai 1974.
(7-8), p. 541-554.
- DUPAIGNE (P.).
A propos de l'extraction d'un jus de banane, en vue de la production de la bière de banane.
(12), p. 821-822.
- GUEROUT (R.).
Quatre nématicides récents et leurs possibilités d'utilisation en bananeraie.
(5), p. 339-347.
- LISSOUDIÈRE (A.).
La mosaïque dite «à tirets» du bananier 'Poyo' en Côte d'Ivoire.
(5), p. 349-357.
Croissance et développement du bananier 'Poyo' en Côte d'Ivoire selon les variations climatologiques.
(6), p. 433-455.
- LISSOUDIÈRE (A.), BADOLO (A.) et HIEMA (F.).
Caractéristiques pomologiques des régimes de bananier 'Poyo' dans quatre zones de Côte d'Ivoire.
(9), p. 561-581.
- LISSOUDIÈRE (A.) et MARTIN (Ph.).
Problèmes de drainage en sols organiques de bananeraie (Agneby, Côte d'Ivoire).
(4), p. 255-266.
- LAVILLE (E.) et MELIN (Ph.).
La «marbrure» du bananier au Cameroun.
(3), p. 169-177.
- LEFEBVRE (A.).
Troisième conférence de l'ACORBAT (Association pour la Coopération des Recherches bananières aux Antilles et en Amérique tropicale), Fort de France, 20-24 mai 1974.
(11), p. 285-290.
- Résultats d'une enquête internationale et propositions en vue d'une référence commune.
(9), p. 583-588.
- Notes sur la production et la recherche bananières en République sud-africaine.
(10), p. 637-644.
- MARTIN-PREVEL (P.), MARCHAL (J.), GAILLARD (J.P.) et BOURDEAULT (J.).
Premières analyses foliaires sur avocatsiers au Cameroun et Côte d'Ivoire.
(10), p. 675-688.
- MELIN (Ph.) et TEZENAS du MONTCEL (H.).
Résultats d'application aérienne de différents fongicides sur la Cercosporiose du bananier.
(3), p. 179-180.
- MOREAU (B.).
Inventaire et contrôle des principales adventices en bananeraie sur la côte est de Madagascar.
(11), p. 739-744.
- VILARDEBO (A.), BEUGNON (M.), MELIN (Ph.), LECOQ (J.) et AUBERT (B.).
Chlordecone et autres insecticides dans la lutte contre le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* GERM.
(4), p. 267-278.
- 1975.
- CADILLAT (R.M.).
Réunion d'Abidjan. 6e Session du groupe intergouvernemental sur le bananier.
(6), p. 415-430.
- CHAMPION (J.).
Productions bananières et recherche scientifique.
(1), p. 11-17.
- FROSSARD (P.).
Dilution des bains de trempage (cas particulier des bananes).
(12), p. 745-748.
- GANRY (J.) et MEYER (J.P.).
Recherche d'une loi d'action de la température sur la croissance des fruits du bananier.
(6), p. 375-392.
Influence du gainage des régimes du bananier avec une housse de polyéthylène sur la température des fruits dans les conditions de Neufchâteau (Guadeloupe).
(12), p. 735-738.
- GODEFROY (J.) et GUILLEMOT (J.).
Action comparée des apports d'urée et de sulfate d'ammonium sur les caractéristiques chimiques d'un sol de bananeraie. Relation avec la productivité.
(1), p. 3-10.
- GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.).
Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales. Comparaison avec les sols forestiers.
(10), p. 595-612.
- GODEFROY (J.), ROOSE (E.J.) et MULLER (M.).
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.
(4), p. 223-235.
- GUILLEMOT (J.).
Tests sur l'efficacité et la phytotoxicité de quelques herbicides en bananeraie.
(2), p. 75-81.
- MELIN (Ph.), PLAUD (G.), TEZENAS du MONTCEL (H.) et LAVILLE (E.).
Activité comparée de l'Imazalil sur la Cercosporiose du bananier au Cameroun.
(5), p. 301-306.
- MEYER (J.P.).
Influence de l'ablation des mains sur le rendement en poids des régimes de bananes par catégorie de conditionnement aux Antilles
(11), p. 663-668.
Estimation de productivité : calcul du poids des régimes de