



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Biologies 327 (2004) 621–627



Biologie et pathologie végétales / Plant biology and pathology

Diversité spécifique des peuplements végétaux à l'échelle du bassin versant et contrôle des parasites des cultures : l'exemple de la culture bananière aux Antilles françaises

Jacky Ganry¹

Cirad–Flhor, TA 50/PS4, bd de la Lironde, 34398 Montpellier cedex 5, France

Reçu le 15 mai 2003 ; accepté le 9 mars 2004

Disponible sur Internet le 24 juin 2004

Présenté par Patrick Lavelle

Résumé

Aux Antilles françaises, la culture du bananier constitue une culture pivot essentielle, soumise à une forte pression parasitaire, génératrice de pollution pesticide. Une modification des pratiques culturales permet d'accroître la diversité des peuplements végétaux au sein de l'écosystème cultivé, de réduire ainsi la pression parasitaire et, par voie de conséquence, les charges phytosanitaires et polluantes. Il en résulte des perspectives de meilleure cohabitation entre zones habitées, cultivées et protégées, et donc de durabilité de l'activité agricole. **Pour citer cet article :** J. Ganry, *C. R. Biologies 327 (2004)*.

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Specific diversity of plant populations at rainfed scale and crop protection: the example of banana production in the French West Indies. Banana is a major crop in the French West Indies, where it is subjected to strong parasite pressure, resulting in pesticide pollution. An increase in plant population diversity in the cultivated ecosystem is generated by changing cultural practices. This results in a decrease in parasite pressure and hence a decrease in pollutant pesticide loads. Agricultural sustainability is therefore reinforced for better coexistence of populated, cultivated and protected areas. **To cite this article:** J. Ganry, *C. R. Biologies 327 (2004)*.

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : diversité ; populations végétales ; banane ; production intégrée ; ravageurs ; maladies

Keywords : diversity ; plant populations ; banana ; integrated production ; pests ; diseases

Abridged English version

The French departments of Guadeloupe and Martinique are dominated by two major crops: banana and sugar cane. While parasite pressure on sugar cane is

Adresse e-mail : jacky.ganry@cirad.fr (J. Ganry).

¹ Correspondant de l'Académie d'agriculture de France, directeur-adjoint du Cirad–Flhor, chargé des affaires scientifiques.

fairly low, it is very high on banana. Chemical control is therefore required for the latter, with a substantial environmental impact. Current orientations are aimed at limiting the use of pesticides and are based on an integrated production concept that includes crop rotations and varietal combinations. The monoculture system is thus moving towards mixed crop systems that will modify the farming system, the landscape and natural and cultivated biodiversity, with an extremely beneficial impact on the environment and cropping-system sustainability. Two key components characterise this evolution. Firstly, the combining of soil cleansing by means of fallows or crop rotations and the use of healthy material for replanting is an essential pathway for controlling nematode populations in the soil and for reducing the use of nematicides, which are expensive and a serious source of pollution. Sugar cane, pineapple, forage and vegetable are effective rotation crops with economic and environmental added value.

Secondly, there is a need for alternative strategies to chemical control of Sigatoka disease, still present in the French West Indies, to address the threat of the spread of Black Leaf Streak disease throughout the Caribbean area. The use of resistant varieties resulting from the ongoing breeding programme is a very promising pathway. It must be supported by a rational spatio-temporal use of resistant and susceptible varieties at field, farming system and rain-fed scales. The introduction of cover plants in the banana system is also a promising method for better weed control and the reduction of herbicide application.

1. Introduction

Les Antilles françaises sont dominées par deux grandes productions végétales, qui jouent un rôle de cultures pivot : la banane et la canne à sucre. La banane est traditionnellement une monoculture monovariétale (des cultivars du sous groupe Cavendish) qui couvre 5000 ha en Guadeloupe et 8000 ha en Martinique [1]. Cette monoculture bananière est soumise à une très forte pression parasitaire.

La canne à sucre est également en général une monoculture qui couvre 14 000 ha en Guadeloupe et 5000 ha en Martinique [1]. La diversité variétale de cette culture est bien adaptée aux conditions an-

tillaises, avec une faible pression parasitaire, du fait, en particulier, de la résistance variétale aux divers bio-agresseurs potentiels.

La forte pression parasitaire sur le bananier est due à trois bio-agresseurs majeurs : *Mycosphaerella musicola*, agent fongique responsable de la maladie de Sigatoka ; *Radopholus similis*, nématode, agent causal de nécroses racinaires et bulbaires, pouvant être associé à d'autres espèces de nématodes et parasites telluriques ; *Cosmopolites sordidus*, insecte « foreur », dont la larve cause des dégâts importants sur les bulbes des bananiers (galeries).

Au-delà de ces trois bio-agresseurs majeurs, il convient de mentionner d'autres parasites et ravageurs intermittents, tels que thrips et acariens et de faire une mention spéciale pour les adventices, qui nécessitent un recours à des traitements herbicides. À une *telle pression parasitaire* est associée une forte *charge phytosanitaire*, du fait du recours important à des pesticides, ce qui se traduit par une *charge polluante* relativement importante au niveau des sols et des eaux.

Les Antilles françaises représentent un contexte tout à fait particulier par rapport à d'autres zones continentales européennes, car il s'agit de *milieux insulaires*, avec des composantes terrestres et marines, en *zones tropicales*, avec des cycles biologiques et physico-chimiques accélérés, fortement anthropisées, et avec des risques de conflits sociétaux, alors qu'une production intensive de bananes apparaît incontournable pour maintenir un ancrage économique et social dans ces îles.

De ce fait, des *alternatives* doivent être recherchées en terme d'*agriculture raisonnée* et de *gestion des milieux cultivés*, permettant de tendre vers une production bananière économiquement rentable, socialement utile et acceptable du point de vue environnemental.

2. De fortes pressions parasitaires

Nous traiterons essentiellement de la maladie de Sigatoka, du parasitisme tellurique, des charançons du bananier et des adventices.

2.1. La maladie de Sigatoka ou cercosporiose jaune

Cette maladie, présente aux Antilles françaises, est causée par le champignon *Mycosphaerella musicola*,

alors que la plupart des zones de production à travers le monde sont affectées par une espèce apparentée, mais beaucoup plus agressive, *Mycosphaerella fijiensis*, agent de la maladie des raies noires (ou cercosporiose noire). Pour l'instant, la Guadeloupe et la Martinique sont indemnes de cette maladie [2], mais la menace est importante, du fait de sa progression récente dans l'arc Caraïbéen. En effet, sa présence a été signalée au cours des dernières années à Cuba, en Jamaïque, en République dominicaine et en Haïti [3]. Les techniques de lutte actuellement utilisées aux Antilles françaises permettent de bien contrôler la maladie, avec une moyenne de 5 à 6 applications fongicides annuelles en Guadeloupe et de 8 à 9 en Martinique, l'écart entre les deux situations étant essentiellement due à des différences de positionnement topographique des exploitations bananières. Ces stratégies de lutte se démarquent très nettement des pratiques des autres zones de production d'Amérique Latine, en particulier, où le nombre d'applications fongicides annuelles varie entre 40 et 50, du fait de la présence de la maladie des raies noires, mais surtout de stratégies de traitements systématiques s'opposant à une *lutte raisonnée, basée sur un avertissement agricole*, pratiquée en Guadeloupe et Martinique depuis plus de 30 ans et également utilisée en Côte-d'Ivoire et au Cameroun vis-à-vis de la maladie des raies noires [3,4]. Cette lutte raisonnée est fondée sur l'association de trois composantes indissociables : un *avertissement bio-climatique*, basé à la fois sur des observations au champ de l'évolution de la maladie et sur des données climatiques [5–7]; des *fongicides* systémiques [7] de type benzimidazoles, triazoles, morpholines et plus récemment strobilurines; une *gestion généralisée* de la lutte. Malgré ces efforts exemplaires consentis depuis trente ans, une pollution fongicide existe, bien que nettement moins importante que dans les zones bananières d'Amérique latine. Les quantités de matière active par hectare et par an sont comprises entre 20 et 40 kg dans ces dernières situations, alors qu'elles varient de 0,7 à 1 kg aux Antilles, ce qui permet de relativiser l'impact de la pollution existante. En outre, ces traitements génèrent des nuisances sonores et également des « conflits » avec les zones habitées, qui interfèrent de plus en plus avec les zones cultivées du fait des pressions démographique et anthropique. Au-delà du simple impact environnemental, la *contrainte sociale* est donc forte. Il convient enfin

de rajouter le *risque d'apparition de la maladie des raies noires*, qui se traduirait inévitablement par une multiplication du nombre d'applications annuelles de fongicides par deux ou trois [8].

2.2. Les nématodes et le parasitisme tellurique

Le principal nématode agent de nécroses racinaires et bulbaires est l'espèce endoparasite *Radopholus similis*, auquel sont associées d'autres espèces des genres *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Meloidogyne* (nématode à galle) [9,10]. En outre, un champignon pathogène, du genre *Cylindrocladium* a été identifié, principalement aux Antilles, comme agent primaire de nécroses, souvent en interaction synergique avec les nématodes [11]. Les techniques de lutte classiquement utilisées contre les nématodes consistent en trois applications annuelles de nématicides organophosphorés, se soldant par des quantités de matière active de l'ordre de 20 kg ha⁻¹ an⁻¹ [10]. De telles pratiques génèrent une charge polluante importante au niveau des sols et des eaux. Du fait des produits utilisés à faible rémanence et des conditions climatiques tropicales humides, cette charge polluante est considérée comme fluctuante et transitoire et fait l'objet de travaux de caractérisation et diagnostic en vue d'une meilleure gestion.

2.3. Le charançon noir du bananier

Les dégâts provoqués par cet insecte, *Cosmopolites sordidus*, sont occasionnés par sa larve, qui creuse des galeries dans la partie basale de la tige du bananier dénommée « bulbe ». En l'absence de contrôle chimique, les pertes de rendement peuvent être très importantes (de l'ordre de 70 %).

La lutte consiste classiquement en deux applications d'insecticides par an. Avant 1994, on a eu recours à partir des années 1980 aux produits organochlorés du type HCH et chlordécone, composés dotés d'une certaine rémanence dans les sols, que l'on note encore aujourd'hui en termes de pollutions résiduelles, à la fois dans les sols et dans les eaux. Depuis 1994, date d'interdiction de l'utilisation du chlordécone, la lutte est réalisée avec des produits organophosphorés dont l'efficacité est plus faible, nécessitant un nombre d'applications sensiblement plus important. Les quantités annuelles de matière active à l'hectare sont de l'ordre du

kilogramme, représentant une charge polluante transitoire et fluctuante bien inférieure à celle induite par les nématicides.

2.4. Les adventices

Le problème de l'enherbement en culture bananière se situe essentiellement à trois niveaux : lors de la période de jachère, lorsque cette pratique est classiquement utilisée (par exemple au Cameroun) et dans les systèmes d'agriculture raisonnée proposés actuellement, lors de l'installation de la culture du bananier, en cours de végétation. En raison des réglementations phytosanitaires plus contraignantes pour les produits herbicides pré-émergents, le produit le plus utilisé aujourd'hui est le glyphosate (sur une base de trois applications par an, soit $3 \text{ kg}_{\text{m.a.}} \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$), secondairement le gluphosinate d'ammonium, puis les dipyridyles (Paraquat, Diquat).

Bien que le glyphosate soit dégradé au contact du sol, des résidus et produits dérivés de cet herbicide sont incidemment retrouvés comme contaminants des sols et des eaux.

3. Les alternatives d'agriculture raisonnée et nouvelles orientations

3.1. L'agriculture raisonnée

Face à cette pression phytosanitaire dommageable pour l'environnement, se sont développées au cours des dernières années des pratiques d'agriculture raisonnée, permettant de réduire les quantités de pesticides appliquées, en donnant de ce fait une meilleure image « commerciale » à la banane, tout en évitant une augmentation des coûts de production [12,13]. La lutte contre la maladie de Sigatoka, basée depuis plus de trente ans sur une stratégie d'avertissement, constitue un bon exemple, qui a fait ses preuves en termes de maintien d'un niveau tolérable de contrôle chimique (par rapport aux zones latino-américaines par exemple) et de prévention des risques d'apparition des populations du champignon résistantes aux fongicides. Malgré ces « performances », les contraintes sont de plus en plus fortes en termes sociétaux, en liaison en particulier avec l'habitat. La lutte raisonnée contre les

nématodes a consisté à coupler l'utilisation de matériel de plantation sain avec un assainissement des sols par rotation culturale ou jachère contrôlée, permettant ainsi de fortement réduire la charge polluante transitoire et même d'envisager une production bananière sans nématicide. Pour ce qui est de la lutte contre le *charançon*, l'usage de plus en plus courant de pièges à phéromone (sordidine), couplé à terme à une lutte biologique (à base de nématodes et champignons entomopathogènes) permet d'envisager une forte réduction des produits insecticides. Quant au *contrôle des adventices*, des alternatives aux herbicides sont de plus en plus préconisées, de type *mulch* et plantes dites de couverture ou de service.² La mise en œuvre de telles pratiques a permis dès à présent de réduire de 44 % en six ans l'utilisation des nématicides et insecticides en Martinique, avec des résultats sensiblement similaires en Guadeloupe.

3.2. Une orientation : la transition d'une monoculture mono-variétale vers des systèmes diversifiés

Les pratiques d'agriculture raisonnée, ainsi que les perspectives de diversification variétale et d'introduction de plantes de service, constituent une évolution forte en termes de diversité végétale au sein du système de culture bananier, avec une transition très nette depuis une *monoculture monovariétale* vers des *systèmes de peuplements végétaux très diversifiés*. Une telle évolution est génératrice d'impact fort sur les systèmes d'exploitation agricole, les paysages, la biodiversité naturelle et cultivée, avec un effet bénéfique sur l'environnement et sur la durabilité des systèmes de culture.

3.2.1. La diversité des peuplements végétaux et le parasitisme tellurique

Le contrôle raisonné des nématodes est basé sur un couplage entre l'utilisation d'un matériel végétal sain issu de culture *in vitro* et l'assainissement du sol, sachant que les sources de contamination se situent à la fois dans le matériel végétal utilisé et dans le sol. Pour assainir le sol, après une culture de bananiers, deux voies sont possibles : la *jachère* ou les *rotations*

² Dénommées dans la suite du texte « plantes de service ».

culturales. Dans les deux cas, l'objectif est d'éliminer les parasites racinaires en supprimant tout support végétal nécessaire à leur survie dans le sol [9]. La *jachère* peut être enherbée naturellement ou accueillir des plantes de service, incluant des espèces pouvant avoir un effet nématocide (Tajetes, Eupatorium). Une telle pratique assure une rupture du cycle parasitaire et une restauration de la fertilité du sol. Les *rotations culturales* constituent une variante à cette pratique, permettant d'avoir recours à des cultures économiquement rentables et de continuer à porter un soin soutenu aux parcelles ainsi cultivées. Les rotations les plus couramment pratiquées actuellement sont la canne à sucre, l'ananas, les plantes fourragères et maraîchères. Les risques encourus, qu'ils soient phytosanitaires (maintien de populations pathogènes pour le bananier), agronomiques (préservation de la fertilité) ou économiques (assurance de débouchés commerciaux) doivent être déterminants dans le choix des rotations culturales retenues. De telles pratiques, jachère ou rotation culturale, ont un *double effet potentiel* : une *limitation de la charge phytosanitaire* au niveau de la parcelle, du fait de la réduction de la contrainte parasitaire ; une *réduction de la charge polluante* au niveau du bassin versant du fait de « l'innocuité environnementale » des parcelles en jachère ou en rotation culturale avec des cultures à faible niveau d'intrants pesticides (canne à sucre par exemple).

3.2.2. La diversité des peuplements végétaux et les Cercosporioses

Comme cela a déjà été montré pour d'autres espèces végétales cultivées, un dosage judicieux de variétés résistantes au sein de populations de variétés sensibles permet d'abaisser la pression parasitaire globale d'une maladie fongique, tout en réduisant les risques de contournement par le champignon de la résistance acquise chez les variétés résistantes.

Des travaux actuellement conduits sur le couple bananier–cercosporiose (*Musa–Mycosphaerella*) confirment pleinement ces hypothèses.

Des hybrides de bananiers résistants aux cercosporioses sont actuellement obtenus par le programme de création variétale, de dimension internationale, du Cirad aux Antilles françaises [14].

Ces obtentions variétales ouvrent des voies très prometteuses à de nouvelles pratiques agricoles basées sur un accroissement de la diversité végétale intraspéci-

fique permettant de concilier au mieux une gestion intégrée de la lutte contre les cercosporioses et le respect des contraintes environnementales et sociétales.

3.2.3. La diversité des peuplements végétaux et les adventices

Durant la période de jachère, et comme déjà signalé précédemment au § 3.2.1, l'introduction de plantes de service constitue une voie très efficace pour limiter le développement de plantes adventices indésirables. Il importe de s'assurer du caractère non hôte pour les nématodes des plantes de service ainsi introduites. Le maintien de ces plantes de service, comme population végétale vivante ou sous forme de *mulch*, permet de s'affranchir du problème des adventices durant la période d'installation de la culture du bananier. En cours de végétation, il apparaît possible d'avoir recours à la pratique d'une culture dérobée de plantes de service ombrophiles, moyennant un agencement spatial adapté des populations de bananiers et une gestion appropriée des résidus de culture. Les espèces actuellement proposées sont des légumineuses du type *Mucuna sp.* ou bien *Impatiens sp.* Un dispositif en lignes jumelées se prête bien à ce type de pratique permettant de positionner les plantes de service dans le grand rang, avec un maximum de lumière.

4. Conclusion et perspectives

Une modification des pratiques culturales dans le système de production bananière permet d'accroître la diversité spécifique des peuplements végétaux au sein de l'écosystème cultivé, de réduire ainsi la pression parasitaire et, par voie de conséquence, les charges phytosanitaires et polluantes. Il en résulte des perspectives de meilleure cohabitation entre zones habitées, cultivées et protégées, une préservation des captages d'eau potable et in fine une augmentation de la durabilité de l'activité agricole, due elle-même à un renforcement de la durabilité des résistances variétales, du cycle d'utilisation des fongicides, et surtout des systèmes cultivés. Il s'agit d'une évolution positive, de type « gagnant–gagnant » où l'agriculteur, la nature et le citoyen sont tous bénéficiaires. Cet accroissement de la diversité spécifique au sein des systèmes bananiers s'accompagne de facto d'un accroissement de la diversité des productions locales, ce qui constitue une

stratégie anti-risque pour les agriculteurs, devant permettre de renforcer une logique d'import–substitution, en favorisant le développement de productions agricoles pour le marché local, mais également pour les marchés régionaux et à l'export. Des études prospectives apparaissent indispensables pour accompagner cette mutation des systèmes de culture et permettre un choix des productions végétales introduites en fonction des contextes économiques et commerciaux. L'accroissement de la diversité variétale au sein du système bananier entraîne également un accroissement de la diversité des bananes proposées aux consommateurs. Ainsi, à une diversification du produit par l'origine et les pratiques (agriculture raisonnée) s'ajoute une diversification en termes de qualité du produit liée aux nouvelles variétés introduites... Ainsi s'ouvrent des pistes pour une meilleure compétitivité du produit sur le marché européen, à condition qu'il y ait un accompagnement de la qualité jusqu'au consommateur.

Questions / Answers – Questions / Réponses

Question de Pierre Devaux

Vous avez fait ressortir l'intérêt des vitroplants pour la production de plantes saines. Les méthodes de micropropagation utilisées sont-elles suffisamment fiables pour se garantir d'éventuelles variations induites par la culture in vitro, comme cela a pu se passer sur certaines espèces dans le passé ?

Réponse de Jacky Ganry

La réduction des variations induites par la culture in vitro du bananier, dites variations somaclonales, a été une préoccupation majeure de la recherche.

Actuellement le problème est fortement minimisé et des taux très faibles, voire nuls, de variations somaclonales sont relevés dans les productions de masse de vitroplants de bananiers, du fait des apports très pertinents de la recherche.

Question de M. Robert

Il y a effectivement urgence à trouver des alternatives à une culture qui n'était pas durable : les sols contiennent encore des organochlorés accumulés pour

de nombreuses années et les organophosphorés s'accumulent (moins) en créant des risques pour l'eau et la chaîne alimentaire.

Réponse de Jacky Ganry

Il s'agit d'une question très pertinente, portant sur un sujet d'actualité et démontrant effectivement la nécessité de pratiques agricoles plus durables et respectueuses de l'environnement. Le problème des organophosphorés actuellement autorisés fait l'objet de travaux permettant d'envisager une réduction forte de leur impact environnemental grâce à des pratiques d'agriculture raisonnée.

Quant aux organochlorés, actuellement interdits, ils font l'objet d'analyses dans les sols et les eaux, montrant quelques cas localisés de pollution résiduelle, liée à la rémanence plus importante de ces produits.

Question de M. Denisse

Comment s'introduisent les nuisances sonores ?

Réponse de Jacky Ganry

Les nuisances sonores constituaient l'une des raisons qui ont motivé la mise au point de stratégies de lutte sur avertissement contre les cercosporioses du bananier aux Antilles dans les années 1970. Le fait d'être passé de 25 à 6–8 applications aériennes par an a fortement réduit le problème.

Question de Patrick Lavelle

Existe-t-il dans l'agriculture antillaise traditionnelle des modèles qui pourraient inspirer l'évolution technique que vous décrivez ?

Réponse de Jacky Ganry

Oui, les pratiques agricoles de plus en plus adoptées par les producteurs de banane aux Antilles correspondent à l'évolution des techniques décrites comme « agriculture raisonnée », permettant de concilier le respect de l'environnement et le maintien d'une activité agricole qui est une des bases économiques de ces régions.

Références

- [1] Recensement agricole, 2000, Guadeloupe et Martinique, Agreste, janvier 2001.
- [2] X. Mourichon, R.A. Fullerton, Geographical distribution of the two species, *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. fijiensis*), respectively agents of Sigatoka disease and Black Leaf Streak disease in bananas and plantains, *Fruits* 44 (1990) 213–218.
- [3] J. Carlier, E. Fouré, F. Gauhl, D.R. Jones, P. Lepoivre, X. Mourichon, C. Pasberg-Gauhl, R.A. Romero, Fungal diseases of the foliage Sigatoka leaf spots, in: D.R. Jones (Ed.), *Diseases of banana, abaca and enset*, Cabi Publishing, UK, 2000, pp. 37–91.
- [4] R.A. Romero, T.B. Sutton, Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of Black Sigatoka of banana, to propiconazole, *Phytopathology* 87 (1997) 96–100.
- [5] J. Ganry, J.-P. Meyer, La lutte contrôlée contre le *Cercospora* aux Antilles. Bases climatiques de l'avertissement. Technique d'observation et de numération de la maladie, *Fruits* 27 (1972) 665–676.
- [6] J. Ganry, J.-P. Meyer, La lutte contrôlée contre le *Cercospora* aux Antilles. Application de techniques d'observation et de numération de la maladie. Bilan de trois années de traitements à cycle long (fongicides systémiques huileux), *Fruits* 28 (1973) 671–680.
- [7] J. Ganry, E. Laville, Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Évolution des méthodes de traitement. 1. Traitements fongicides. 2. Avertissement, *Fruits* (1983) 3–20.
- [8] P. Bertrand, K. Bonacina, Les cercosporioses du bananier à la Martinique, *Phytoma* 551 (2002) 38–42.
- [9] S. Gowen, P. Quenehervé, Nematode parasites of bananas, plantain and abaca, in: M. Luc, R.A. Sikora, J. Bridge (Eds.), *Plant parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, CAB International, Wallingford, UK, 1990, pp. 431–446.
- [10] J.L. Sarah, Banana nematodes and their control in Africa, *Nematropica* 19 (1989) 199–216.
- [11] P. Loridat, Étude de la microflore fongique et des nématodes associés aux nécroses de l'appareil souterrain du bananier en Martinique : mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*, *Fruits* 44 (1989) 587–598.
- [12] J. Ganry, Maîtrise de la culture du bananier pour une production raisonnée face aux nouveaux défis, *C. R. Acad. Agric. Fr.* 87 (2001) 119–127.
- [13] J. Ganry, Analyse du milieu climatique et la notion d'avertissement en agriculture. Cas de la culture bananière aux Antilles, in: *Informatique et Biosphère, colloque d'Abidjan, Côte-d'Ivoire*, 1978, pp. 67–87.
- [14] F. Bakry, La diversité génétique des bananiers et les perspectives de création de nouvelles variétés : pourquoi, comment, *C. R. Acad. Agric. Fr.* 87 (2001) 129–141.