

n°2 octobre 2002

Les Cahiers du

PRAM

Pôle de Recherche Agronomique
de la Martinique

Résultats de recherches pour une agriculture durable en Martinique



Sommaire

Avant-propos

PROPRIÉTÉS ET STRUCTURES DES SOLS

- Bilan hydrique et pertes en nutriments des systèmes de culture bananière sur sol brun à halloysite
- Déterminants édaphiques et agronomiques des stocks organiques des sols de la Martinique
- Diversité de la faune des sols dans les systèmes cultivés à la Martinique

PROTECTION DES VÉGÉTAUX

- Nématologie tropicale à la Martinique : de l'acquis à la prospective

AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT

- Proposition d'une méthode d'analyse spatiale des pratiques agricoles à l'échelle d'un bassin versant dans un contexte de pollution des eaux
- Gestion de la fertilisation azotée en culture de tomate : définition d'un indicateur de la nutrition azotée
- La production de type biologique à la Martinique : Evaluation du potentiel de développement

EVOLUTION SOCIO-ECONOMIQUE DU MONDE AGRICOLE

- Le contrôle des structures à la Martinique
- Analyse de l'évolution du foncier agricole :
- Application d'une méthode d'analyse spatio-temporelle multi-critères

DIVERSIFICATION VÉGÉTALE

- Modèle de production de plants d'agrumes pour la Caraïbe

PRODUCTION ET SANTÉ ANIMALES

- Développer des méthodes de lutte alternatives contre les parasites internes des petits ruminants : une nécessité pour l'élevage





Avant-Propos

Ce second numéro des *Cahiers du PRAM*, outil de communication destiné, certes, aux scientifiques, mais surtout aux professionnels de l'agriculture et aussi au grand public, vise à rendre compte des résultats de recherches menées dans le cadre du Pôle de Recherche Agronomique de la Martinique.

Il manifeste notre souhait de sortir de nos laboratoires ou de nos champs d'expérimentation pour aller à la rencontre de la société. Ce n'est pas une tâche aisée pour les chercheurs plus habitués aux débats entre techniciens et scientifiques. Cet exercice est cependant indispensable si l'on désire rester à l'écoute des attentes de la société martiniquaise. Bien que la place des activités agricoles et des territoires ruraux tende à se réduire d'année en année, les professionnels se battent avec vigueur pour rester compétitifs, dans un environnement régional et mondial extrêmement difficile. Les recherches que nous menons se construisent et trouvent des applications dans ce cadre.

La tendance des activités agricoles et de la recherche en agronomie s'oriente de plus en plus vers une gestion durable des ressources. Ce mouvement a été amorcé à Rio de Janeiro en 1992, lors de la conférence sur l'environnement et le développement, qui a inspiré les travaux menés par nos établissements. Ce concept d'agriculture écologiquement viable a été réaffirmé lors du dernier sommet mondial du développement durable à Johannesburg en septembre 2002. Le constat est maintenant unanime : notre agriculture doit concilier des objectifs de préservation de l'environnement, de productivité, mais aussi de cohérence avec la dynamique sociale en Martinique. C'est désormais le défi que doivent relever les chercheurs qui ont regroupé leurs moyens matériels et humains au sein du PRAM.

Le Pôle de Recherche Agronomique de la Martinique, qui sera officiellement inauguré le 18 octobre prochain, s'engage résolument dans cette voie. Les travaux présentés ci-après illustrent cette orientation.

Les textes et articles rassemblés dans ce *Cahier du PRAM* proviennent, dans leur majorité, des contributions des chercheurs de nos établissements au 38ème Congrès de la CFCS (Caribbean Food Crop Society) organisé cette année en Martinique (30 juin – 5 juillet 2002) et dont le thème était "Quel devenir pour l'agriculture caribéenne ? Qualité, économie, progrès social, environnement".

L'ensemble des contributions donne une image significative des opérations de recherche menées au sein du PRAM tant dans le domaine des recherches transversales en agronomie tropicale et gestion des territoires (propriétés et structures des sols, protection des végétaux, agriculture et environnement, évolution socio-économique du monde agricole) que dans le domaine des recherches finalisées pour les grandes filières agricoles (diversification végétale, production et santé animales).

*Le Président du PRAM
Jean-Jacques BARAËR*

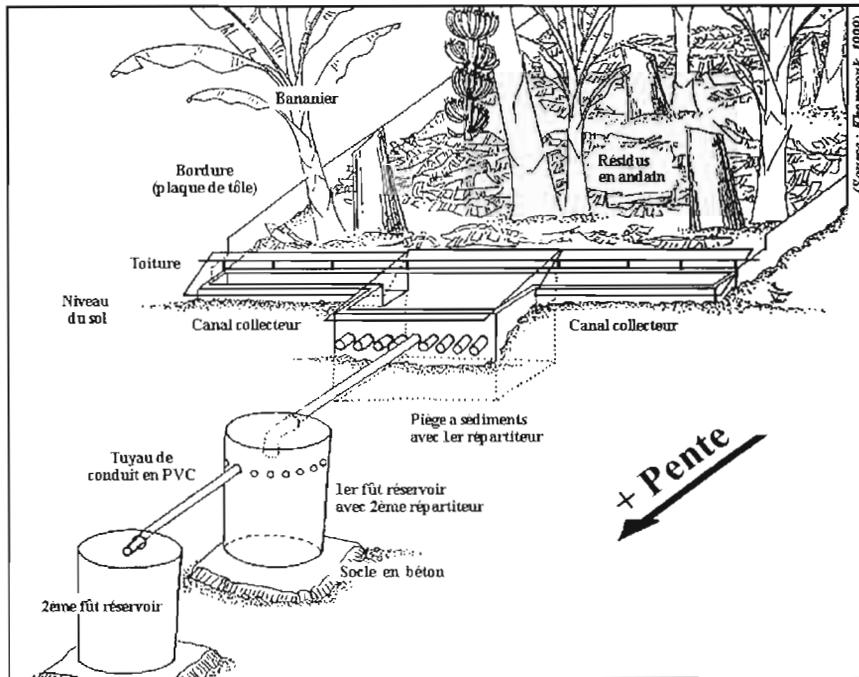


Schéma 1. Exemple d'une parcelle de ruissellement et d'érosion portant le traitement bananeraie établie, avec un paillage des résidus en bandes perpendiculaires à la pente.

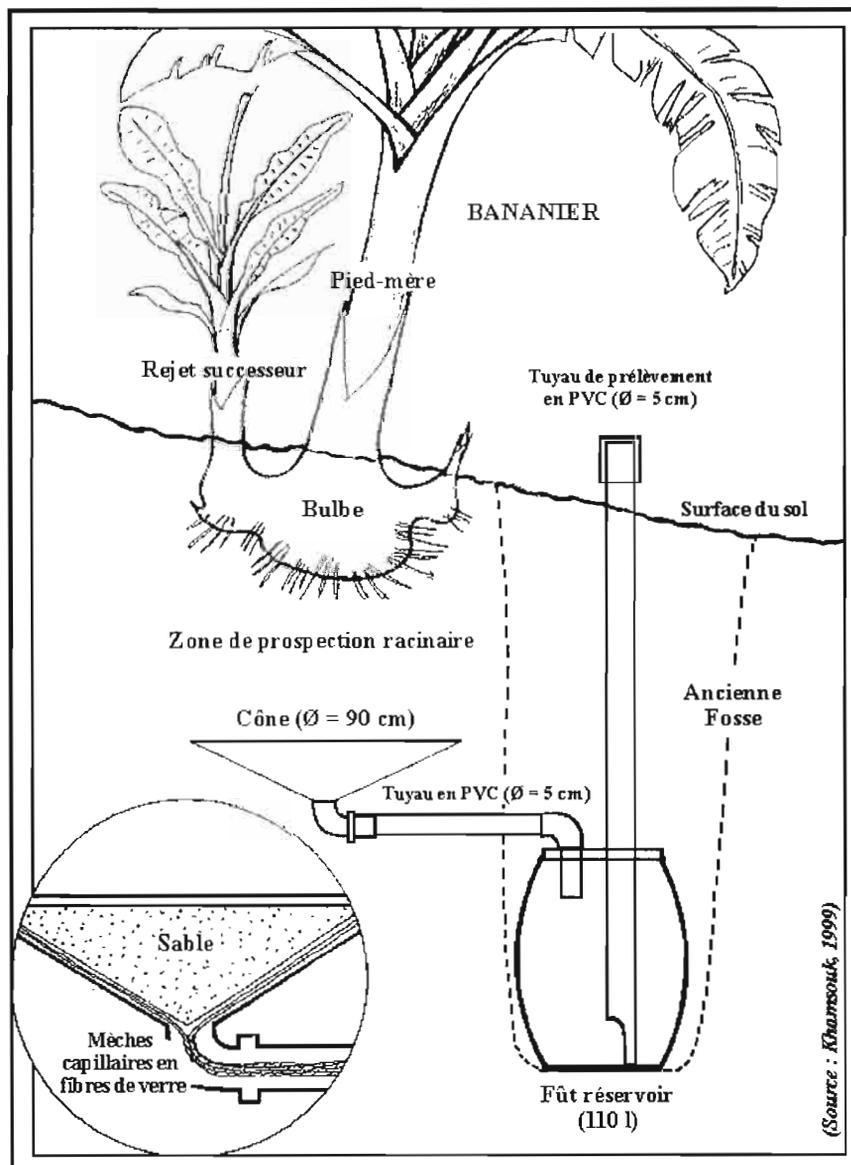


Schéma 2. Disposition du lysimètre conique à mèches capillaires à -60 cm du sol sous un bananier (détail intérieur du cône : sable propre, toile maillée en nylon et mèches en fibres de verre).

Bilan hydrique et pertes en nutriments des systèmes de culture bananière sur sol brun à halloysite

Bounmanh Khamsouk
Eric Roose

Pratiqués intensivement dans les Antilles françaises, les systèmes de culture bananière peuvent présenter de grands risques pour l'environnement : érosion des sols cultivés et pollution chimique des eaux douces. En effet, sous climat tropical humide à forte pluviosité, ces systèmes intensifs, pratiqués avec un travail lourd du sol et des apports massifs d'intrants, sont soumis à des transferts hydriques très actifs qui peuvent se définir selon l'équation simplifiée du bilan hydrique suivant :

$$P = R + ETP + Dr \pm \text{Var. Stock} \quad \text{équation (1)}$$

P : pluviosité

R : ruissellement

ETP : évapotranspiration potentielle

Dr : drainage vertical interne

Var. stock : variation du stock d'eau dans la couche étudiée de sol (données en mm)

De cette équation, il apparaît deux processus malléables par l'action anthropique (ruissellement et drainage), les autres étant difficilement influençables. Or, ces deux processus ont des répercussions sur l'environnement. En effet, le ruissellement (R), qui est un écoulement d'eau en surface du sol, peut entraîner une érosion sévère de la terre arable en milieu insulaire à forte pluviosité et à relief accidenté. Le drainage (Dr), quant à lui, est un écoulement d'eau en profondeur du sol qui favorise une lixiviation des intrants (c'est-à-dire un entraînement en profondeur des éléments chimiques dissous), origine de toute pollution souterraine. Le choix privilégiant l'un ou l'autre processus semble alors délicat dans l'application d'une agriculture durable.

C'est pourquoi cette étude essaie d'apporter quelques éléments de décision à travers les résultats obtenus sur un dispositif expérimental basé à la plantation Rivière Lézarde (CIRAD-FLHOR) et testant des systèmes de culture bananière durant deux années consécutives.

Description du site d'étude

La plantation Rivière Lézarde est située dans la région centrale de l'île, constituée de collines ravinées (pentes variables de 10% à 40%), à environ 25 km au Nord-Est de Fort-de-France. Son climat tropical humide à deux saisons, sèche et humide, se caractérise par une température mensuelle moyenne de 22-29°C et une pluviosité annuelle moyenne de 2000-2500 mm. Les sols rencontrés sont du type brun rouille à halloysite développé sur des projections volcaniques andésitiques (Colmet-Daage et Lagache, 1965) : ils sont très argileux et peu denses en surface.

Description du dispositif expérimental et des paramètres mesurés

Pour estimer le bilan hydrique régulièrement (au jour ou à la semaine), nous avons mis en place un dispositif expérimental, début 1999, testant les traitements suivants choisis en raison de leur association (par rotation de culture) avec les systèmes de culture bananière :

- deux cultures d'ananas sur pente modérée à 10% : l'une traditionnelle, mécanisée et billonnée ; l'autre inédite, à plat avec un paillage des interlignes,
- la bananeraie établie sur une pente similaire à 10% (c'est-à-dire une bananeraie âgée d'au moins deux ans, avec bandes de paillis perpendiculaires à la pente),
- la canne à sucre paillée, sur trois pentes à 10%, 25% et 40%,
- le sol dénudé, sur les mêmes pentes à 10%, 25% et 40%.

Ce dispositif comprend une station météorologique automatique, des parcelles de ruissellement-

érosion (100-200 m²) portant ces traitements, des tensiomètres pour mesurer la variation de stock d'eau sur 30 cm de sol et des lysimètres coniques placés à 50 cm sous des bananiers pour estimer le drainage.

Les paramètres hydriques sont exprimés en hauteur d'eau (mm). La pluviosité (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) sont obtenues directement à partir de la station météorologique tandis que les autres paramètres, ruissellement (R), variation de stock (Var. stock) et drainage (Dr), sont mesurés régulièrement (quotidiennement ou hebdomadairement) à partir du dispositif. Notons que dans la plupart des cas, le bilan hydrique a consisté à évaluer le drainage

ou drainage). Cette moyenne pondérée est plus représentative de la perte chimique que la moyenne arithmétique car elle tient compte de la dilution des éléments lors de grands écoulements.

Résultats du bilan hydrique

Pour l'ensemble des traitements testés, l'estimation du bilan hydrique de juillet 1999 à décembre 2000 semble satisfaisant avec ce dispositif et les résultats montrent l'importance des processus de transferts hydriques (Khamsouk, 2001). En effet, le bilan hydrique indique que le ruissellement (R) et surtout le drainage (Dr) ne deviennent prépondérants qu'en saison humide tandis que l'évapotranspiration potentielle (ETP) reste constante tout au long de l'année, même en saison sèche où le déficit hydrique constaté (ETP > P) justifie l'application de l'irrigation. Le sol brun à halloysite

Moyenne annuelle	Traitements								
	Sol nu			Canne paillée			Ananas à plat+paillis méca.+billonné		Bananaie établie
pente p (%)	11%	25%	40%	11%	25%	40%	9%	7%	10%
P (mm)	2314			2502			2517		2517
ETP (mm)	1403			1489			1511		1511
R (mm)	209	155	128	15	17	21	16	337	76
Var. stock (mm)	61	61	64	28	-45	-29	32	40	51
Dr calc. (mm)	641	695	718	969	1041	1021	958	629	879
Dr obs. (mm)	x	x	x	x	x	x	x	x	757

x : non déterminée

Tableau 1 : Bilan hydrique annuel moyen des traitements testés. rem : comparaison du drainage calculé (Dr. calc) avec le drainage observé par lysimètre (Dr. obs.) sous bananaie établie.

calculé (Dr calc.) et déduit de l'équation (1). Seul le traitement bananaie établie, dont la pratique culturale nécessite un apport régulier d'intrants (engrais et pesticides), a fait l'objet d'une estimation du drainage observé (Dr obs.) et de la qualité des eaux recueillies à partir de lysimètres coniques enfouis sous des bananiers.

Après prélèvement des eaux de ruissellement et de drainage, les éléments chimiques suivants sont analysés au laboratoire de pédologie du CIRAD-FLHOR de Martinique : le nitrate (NO₃²⁻), l'ammoniaque (NH₃), le phosphore (P), les cations échangeables potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺).

Les teneurs en éléments chimiques (mg/l) dans les eaux de ruissellement et de drainage sont exprimées en moyenne pondérée, soit la somme des produits des teneurs de chaque échantillon par son volume, divisée par le volume total de l'écoulement d'eau (ruisselle-

te semble drainer rapidement l'excédent d'eau de pluie en une semaine, voire moins en période sèche. Ce fort drainage s'expliquerait par la grande stabilité des agrégats du sol à l'eau et sa grande capacité d'infiltration sous simulation de pluie cyclonique, malgré sa forte texture argileuse.

Le ruissellement, quant à lui, n'apparaît qu'à partir des pluies journalières supérieures à 30 mm en général, mais il n'en demeure pas moins un processus actif dans l'influence des cultures sur l'environnement (érosion des sols notamment).

Le tableau 1 propose un bilan hydrique annuel moyen. Nous constatons que le drainage annuel moyen peut s'élever ici de 640 à 1040 mm/an tandis qu'il reste inférieur à 200 mm/an sous climat tempéré à pluviosité annuelle de 600 mm et quel que soit le mode d'utilisation du sol (Duchaffour, 1997). A travers ces résultats, on perçoit aussi l'influence des traitements

testés sur l'environnement. En effet, d'un côté il y a les traitements à fort ruissellement que sont les sols dénudés et l'ananas mécanisé et billonné ($R \geq 128$ mm/an), et de l'autre les traitements peu ruisselants que sont les cultures paillées d'ananas, de bananier et de canne à sucre ($R \leq 76$ mm/an).

paillis. Les sols dénudés, quant à eux, ont un fort ruissellement mais une perte chimique faible probablement du fait de l'absence de culture et donc de fertilisation.

Pour les pertes chimiques en profondeur (sous bananeraie établie), le drainage semble entraîner beaucoup plus d'éléments solubles que le ruissellement : plus de 64% des nutriments sont

lessivés en profondeur et pratiquement tout l'azote minéral (NH_3 et NO_3^{2-}) migre en profondeur. Ce lessivage important des nutriments qui est analogue aux résultats trouvés sous bananeraies africaines (Godefroy et al., 1970 ; Roose et Godefroy, 1977), traduit sans doute un processus naturel lié à la grande capacité du sol brun à

Traitements	P	Ruissellement annuel moy.(mm)	K ⁺ (kg/ha/an)	Ca ²⁺ (kg/ha/an)	Mg ²⁺ (kg/ha/an)	P assimbl (kg/ha/an)	NH ₃ (kg/ha/an)	NO ₃ ²⁻ (kg/ha/an)
Sol nu	(p=10%)	158,5	1,16	1,73	0,05	0,12	1,06	0,08
Sol nu	(p=25%)	116,5	1,51	2,39	0,06	0,15	0,85	0,28
Sol nu	(p=40%)	96,1	0,86	1,15	0,05	0,15	0,70	0,51
Canne paillée	(p=10%)	11,2	2,79	1,37	0,44	0,03	1,65	1,65
Canne paillée	(p=25%)	12,6	2,86	1,70	0,34	0,06	0,80	0,80
Canne paillée	(p=40%)	15,6	3,21	2,29	0,38	0,04	0,65	0,65
Bananeraie établie	(p=11%)	61,6	8,39	2,53	0,30	0,17	0,30	0,63
Bananeraie établie	(p=9%)	52,8	8,11	1,70	0,19	0,42	0,36	1,74
Ananas à plat + paillis	(p=9%)	12,3	4,14	1,41	0,07	0,08	0,19	0,11
Ananas méca.+billonné	(p=7%)	256,9	27,30	19,01	3,06	0,79	1,81	15,18

Tableau 2 : Pertes annuelles moyennes estimées en éléments chimiques dans les eaux de ruissellement issues des dix parcelles d'érosion.

Pertes en nutriments dans les eaux de ruissellement et de drainage

Les tableaux 2 et 3 récapitulent respectivement les pertes chimiques mesurées dans le ruissellement pour tous les traitements testés et dans le drainage sous bananeraie établie.

Pour les pertes chimiques en surface, il apparaît que les cultures soumises à un fort ruisselle-

halloysite à drainer. Dès lors, la lixiviation des nutriments solubles paraît inévitable et les eaux du sous-sol, bien plus concentrées que celles de surface, pourraient a priori être à l'origine de toute pollution souterraine.

Choix entre la gestion des eaux de ruissellement et de drainage

Dans une politique d'agriculture durable visant à réduire l'influence néfaste des systèmes de cultures intensifs sur l'environnement, le choix s'impose entre privilégier le ruissellement (eau moins riche en nutriments dissous) ou le drainage (eau plus concen-

ment perdent bien plus d'éléments chimiques que celles ruisselant peu. Par exemple, la perte en potassium s'élève à 27 kg/ha/an sur l'ananas mécanisé et billonné tandis qu'elle est seulement de 4 kg/ha/an sur l'ananas à plat avec

trée en éléments chimiques). Cette prise de décision peut s'appuyer sur la distinction entre, d'un côté, les traitements à fort ruissellement ($R \geq 128$ mm/an) et, de l'autre, les traitements peu ruisselants ($R \leq 76$ mm/an).

Tableau 3 : Estimation des pertes annuelles moyennes en nutriments en surface (ruissellement R) et en profondeur (drainage Dr) sous bananeraie établie.

	Pertes en nutriments					
	K ⁺ (kg/ha/an)	Ca ²⁺ (kg/ha/an)	Mg ²⁺ (kg/ha/an)	P assimbl (kg/ha/an)	NH ₃ (kg/ha/an)	NO ₃ ²⁻ (kg/ha/an)
Pertes chimiques par R	7,03	1,75	0,20	0,27	0,33	1,18
Pertes chimiques par Dr	12,84	191,38	71,77	1,07	10,91	126,64
Pertes totales (R+Dr)	19,87	193,13	71,97	1,34	11,24	127,82
Valeurs relatives						
Pertes chimiques par R	35,4%	0,9%	0,3%	20,3%	2,9%	0,9%
Pertes chimiques par Dr	64,6%	99,1%	99,7%	79,7%	97,1%	98,1%

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Colmet-Daage F., Lagache P., 1965, "Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises", *Cahiers ORSTOM Pédologie* 3, 91-121.

Duchaffour P., 1997, *Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement* (5ème édition), Ed. Masson, 291 p.

Godefroy J., Muller M., Roose E., 1970, "Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de Basse Côte d'Ivoire", *Fruits* vol.25, n°6, 403-420.

Khamsouk B., 2001, *Impact de la culture bananière sur l'environnement. Influence des systèmes de cultures bananières sur l'érosion, le bilan hydrique et les pertes en nutriments sur un sol volcanique en Martinique (cas du sol brun rouille à halloysite)*, Thèse ENSA, Montpellier, 214 p.

Lal R., 1979, "Soil erosion problem on an alfisol in Western Nigeria and their control", *IITA Technical Bulletin* 1, 1-38.

Rishirumuhirwa T., 1997, *Rôle du bananier dans le fonctionnement des exploitations agricoles dans les hauts plateaux de l'Afrique orientale. Application au cas de la région Kimiro-Burundi*, Thèse EPF, Lausanne, 320 p.

Roose E., Godefroy J., 1977, *Pédogenèse actuelle d'un sol ferrallitique remanié sur schiste sous forêt et sous bananeraie fertilisée de Basse Côte d'Ivoire. Huit années d'observation sur l'érosion, le drainage et l'activité des vers de terre à la station IRFA d'Azaguié*, Document IRFA-ORSTOM, Azaguié.

Roose E., 1981, *Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale*, Collection Travaux et documents ORSTOM, Paris, 570 p.

Le ruissellement présente un volume faible et peu chargé en nutriments mais son action – surtout en saison des pluies – provoque une érosion hydrique en rigoles et non sélective dont l'ampleur croît considérablement avec l'inclinaison de la pente et l'absence de recouvrement au sol. A long terme, la perte en terre entraînerait une dégradation des ressources du sol et une pollution des cours d'eau due aux matières en suspension. Face à ce problème, maintenir une forte rugosité en surface permet de ralentir le ruissellement et surtout sa capacité de transport de sédiments. L'organisation d'un paillage en surface semble être le moyen le plus aisé et le plus efficace pour arriver à ce résultat, d'autant qu'il fait partie des applications pratiques et simples de lutte anti-érosive ayant déjà fait ses preuves ailleurs (Lal, 1979 ; Roose, 1981 ; Rishirumuhirwa, 1997).

La gestion du drainage semble difficile à appliquer pour une réduction du lessivage des nutriments. En effet, sous ce climat à forte pluviosité, son action est d'autant plus prépondérante que le sol est très filtrant. Limiter le drainage par un travail du sol privilégiant le ruissellement pourrait s'avérer efficace dans un premier temps (diminution de 34% du drainage annuel moyen entre les deux différents traitements d'ananas), mais cette pratique entraîne une perte en terre non négligeable (érosion annuelle moyenne de 17 t/ha/an pour l'ananas mécanisé et billonné contre une perte en terre nulle sous ananas paillé). L'effet positif obtenu à court terme par cette pratique pourrait donc s'avérer plus pernicieux à long terme. Face à ce problème où le drainage est un processus actif et prépondérant, la réduction de l'influence des systèmes intensifs sur l'environnement ne doit s'appuyer que sur un apport d'intrants raisonné, c'est-à-dire une fertilisation plus fractionnée et des épandages de pesticides après diagnostics réguliers de l'état des parcelles cultivées.

Les propositions pour une agriculture durable que sont l'organisation du paillage en surface

et l'apport raisonné et fractionné d'intrants visent donc à réduire les répercussions de ces systèmes intensifs sur l'environnement et à conserver les ressources en sol. ■



PRAIR

Bounmanh Khamsouk
Travaux financés par le CIRAD, réalisés au CIRAD-FLHOR de Martinique et co-dirigés par l'IRB
SODOPRIA (Service d'Encadrement Technique – Lamentin)
e-mail : khamsouk@wanadoo.fr

Eric Roose
IRB (Laboratoire du Comportement des Sols Cultivés – Montpellier)
e-mail : eric.roose@mpl.ird.fr

Déterminants édaphiques et agronomiques des stocks organiques des sols de la Martinique

Corinne Venkatapen
 Éric Blanchart
 Joële Louri
 Luc Rangon
 Raymond Totila
 Bertrand Urien

La matière organique du sol est un déterminant essentiel de nombreuses propriétés édaphiques majeures pour la productivité végétale (Blanchart et Langlais, 2001) : (1) stockage d'éléments nutritifs (fonction de réserve minérale) ; (2) propriétés d'échange (fonction d'échange et de sorption d'ions et de molécules organiques) ; (3) stabilité structurale des sols (amélioration de la diffusion de l'air, amélioration des capacités de rétention et d'infiltration de l'eau dans les sols, réduction de l'érosion) ; (4) amélioration des activités fauniques, microbiennes et enzymatiques (fonction de minéralisation et d'immobilisation déterminant les cycles du carbone, de l'azote et du phosphore). Ainsi, l'évolution à moyen et à long terme des stocks organiques des sols est un indicateur important de la qualité du sol et de la durabilité des agro-écosystèmes.

Les stocks de carbone du sol sont en constante évolution sous l'effet de facteurs naturels (climat, végétation, nature du sol) et anthropiques (mode d'utilisation du sol, itinéraire technique, pratiques culturales). Malgré sa faible superficie, la Martinique présente, du fait de la variabilité des climats et des formations géologiques, une diversité remarquable de sols. La Martinique possède également une agriculture présentant différents niveaux d'intensification depuis des systèmes paysans semi-extensifs jusqu'à des monocultures très intensives (banane, canne, ananas). L'influence de la nature du sol et du mode d'occupation des terres sur les stocks organiques est étudié dans cet article.

1. Matériels et méthodes

Situations étudiées

Des échantillons ont été prélevés dans toute la Martinique, sur différents types de sols répertoriés

et cartographiés (Colmet-Daage, 1969 ; Figure 1) : les sols jeunes sur cendres et ponces (J), les andosols sur ponces (P), les andosols sur tufs (T), les sols brun-rouille à halloysite (H), les ferrisols (G), les vertisols (V), les sols rouges à montmorillonite (I-K) et les sols sur alluvions (A). Ces échantillonnages ont été réalisés sous différents couverts végétaux. Les pratiques culturales étudiées sont : les cultures en banane, canne à sucre, ananas, les situations sous verger, les polycultures traditionnelles ou "jardins créoles", les prairies, les cultures vivrières et maraîchères fortement ou moyennement intensifiées. Le degré d'intensification est établi en fonction de la durée des jachères intercalaires (Albrecht *et al.*, 1992a) : fortement intensifiées, pour des jachères intercalaires inférieures à quatre mois (deux cultures annuelles) ; moyennement intensifiées, pour des mises en jachères de quatre à neuf mois (une culture par an). Les situations sous végétation naturelle sont représentées par les prélèvements effectués sous forêt.

Prélèvements et préparation des échantillons

Les prélèvements ont été réalisés dans trois épaisseurs de sol : 0-10, 10-20, 20-30 cm sur trois fosses, afin de mesurer une éventuelle variabilité intra-parcellaire.

Analyses effectuées

Densité apparente

Des cylindres métalliques de volume connu (100 et 1000 cm³) ont été enfoncés, par percussion, dans le sol. Les échantillons ont alors été recueillis, séchés à l'étuve (105°C) et pesés. On effectue ensuite la mesure de la densité apparente du sol selon la relation : $D_a = P/V$ où P est le poids sec de l'échantillon, (g) et V le volume

de l'échantillon prélevé et séché (cm³).
 Pour les sols ponceux et certains prélèvements

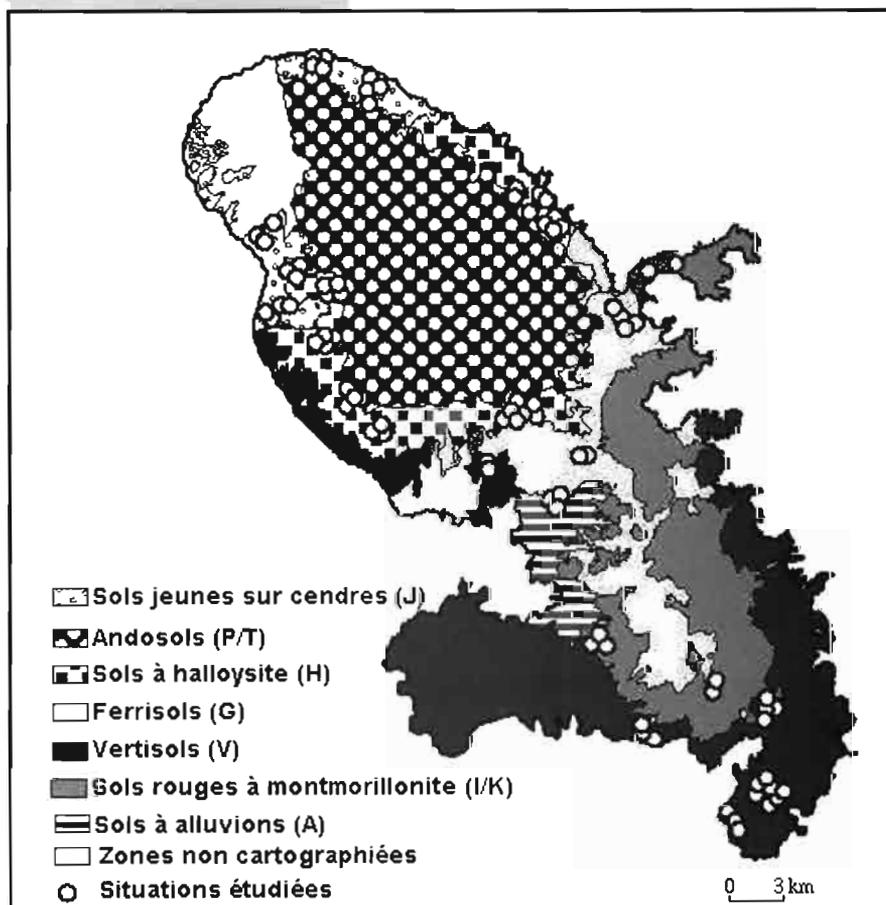


Figure 1 : Carte simplifiée des sols de la Martinique et localisation des situations étudiées

riches en graviers, les densités apparentes ont été corrigées par la proportion en éléments grossiers (> 2 mm). Une densité apparente moyenne de 0,72 g/cm³ a été mesurée pour les graviers ponceux. Lorsque ces éléments grossiers ne sont pas poreux (andésite), on prend pour densité apparente des graviers la valeur 2,6 g/cm³ (Mathieu et Pieltain, 1998).

Dosage du carbone total

Un échantillon composite est prélevé dans chaque fosse et pour chaque épaisseur de sol. Cet échantillon est séché à l'étuve 60°C puis broyé à 200 µm. La teneur en carbone est alors déterminée par chromatographie en phase gazeuse, grâce à un micro-analyseur CNS CARLO ERBA NA 1500 permettant un dosage simultané du carbone et de l'azote.

Les contenus organiques des sols sont exprimés en teneur (mgC/g sol) ou en stock (tC/ha). Les stocks organiques sont calculés d'après la formule : $C \text{ (t/ha)} = C \text{ (mg/g)} \times Da \times e$ avec Da, la densité apparente (g/cm³) et e, l'épaisseur de l'horizon exprimée en dm.

La somme des stocks organiques en carbone est d'abord calculée pour chaque fosse, sur l'horizon 0-30 cm, puis la moyenne des trois répétitions est effectuée pour toutes les situations agro-pédologiques.

2. Résultats et discussion

83 situations ont été étudiées (tableau 1).

Variations des stocks organiques selon le type de sol

Dans les sols jeunes sur cendre, les stocks de carbone moyens sont relativement faibles. Ils varient de 26 à 39 tC/ha : 32 tC/ha sous banane, de 37 tC/ha sous canne, 26 tC/ha sous maraîchage fortement intensifié et 39 tC/ha sous prairie.

Dans les sols jeunes à caractères andiques (J-P), les stocks organiques moyens présentent des valeurs élevées : 67 à 70 tC/ha sous cultures, 87 tC/ha sous prairie.

Dans les sols argileux (sols brun-rouille à halloysite, ferrisols et vertisols), les stocks organiques moyens présentent, pour un type de culture donné, des valeurs relativement similaires entre elles. Par exemple, les cultures en banane présentent des stocks organiques compris entre 45 tC/ha dans les sols H, 43 tC/ha dans les sols F, et 36 tC/ha dans les sols V.

A partir des valeurs moyennes des stocks en carbone mesurés sur les 30 premiers centimètres du sol, on distingue donc trois groupes de sols :

- les sols jeunes sur cendres, à forte teneur en sables présentant des stocks organiques relativement faibles, inférieurs à 40 tC/ha, et ce quelle que soit leur utilisation ;
- les sols peu évolués à caractères andiques présentant des valeurs moyennes élevées, généra-

lement supérieures à 65 tC/ha, et ce quel que soit le mode d'occupation du sol ;

- Les sols argileux avec des stocks organiques moyens généralement compris entre 40 et 65 tC/ha, sous cultures.

Variations des stocks organiques selon le type de culture

Sous cultures maraîchères, les stocks organiques sont généralement faibles, exception faite des situations sur les sols jeunes à caractères andiques. En outre, ces stocks organiques sous maraîchage sont systématiquement plus faibles sous maraîchage fortement intensifié : l'intensification des cultures maraîchères exerce un impact négatif sur les stocks organiques du sol. Ces variations concernent l'ensemble des couches de sol de l'horizon 0-30 cm (labour à plus de 30 cm de profondeur) et s'expliqueraient par les pertes gazeuses par minéralisation dues aux labours fréquents, par les faibles restitutions organiques des jachères de courte durée et par les pertes en terres provoquées par une érosion accrue de la surface du sol (Albrecht et al., 1992b ; Kulesza, 1994 ; Chevallier, 1999).

moyennes de stocks de carbone similaires pour un même type de sol : 67 tC/ha sous ananas, 68 tC/ha sous canne, 68 tC/ha sous banane dans les sols jeunes à caractères andiques, 45 tC/ha sous banane et 48 tC/ha sous canne dans les sols brun-rouille à halloysite. Cependant, des bananeraies étudiées sur sols jeunes sur cendres et sur vertisols présentent des valeurs moyennes de stocks de carbone inférieures à celles observées sous canne. Ces bananeraies ayant été installées sur d'anciennes cultures maraîchères fortement intensifiées, ces faibles valeurs de stocks organiques de carbone mesurées sur ces parcelles pourraient donc provenir de leur exploitation antérieure en maraîchage.

Les stocks organiques les plus élevés sont observés dans des parcelles sous forêt, avec des valeurs moyennes approchant les 78 tC/ha sur les sols brun-rouille à halloysite et les 100 tC/ha sur les vertisols. Sur les sols brun-rouille à halloysite, des situations en verger et en jardin créole ont également été étudiées, avec des valeurs de stocks organiques de l'ordre de 44 tC/ha sous verger et de 57 tC/ha sous jardin créole. Toutefois, il s'agit de valeurs isolées qui ne permettent pas de tirer de conclusion sur les effets de ces systèmes de culture sur les stocks organiques des sols.

3. Conclusion

Les stocks organiques élevés observés dans les sols jeunes à caractères andiques indiquent un "effet minéralogie" dans les sols. Albrecht et al. (1992a) expliquent ce fort "pouvoir de stockage" par une stabilisation des matières organiques par les allophanes.

Les stocks organiques relativement faibles observés dans les sols jeunes sur cendres mettent en évidence un "effet texture" à l'origine du faible pouvoir de stockage de la matière organique observé dans ces sols à forte teneur

Tableau 1

Stocks de carbone mesurés dans les prélèvements effectués dans l'horizon 0-30 cm

*Un échantillon correspond à trois fosses de 30 cm de profondeur effectuées dans la même parcelle.

Type de sol	Utilisation	Nombre d'échantillons*	Stock C (t/ha)		
			Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne
J	Banane	2	29,9	35,03	32,47
	Canne	2	36,44	39,36	37,9
	Maraîchage	1			26,59
	Prairie	1			39,25
J-P	Banane	3	58,38	77,22	68,83
	Canne	6	61,73	81,58	68,11
	Ananas	2	52,4	82,52	67,46
	Maraîchage	2	68,2	71,23	69,72
	Prairie	1			86,99
H	Banane	7	39,49	55,06	45,59
	Canne	4	42,78	52,14	48,47
	Maraîchage	4	38,13	55,54	46,18
	Verger	4	31,19	35,66	33,425
	Jardin créole	1			57,53
	Prairie	4	57,63	70,8	62,86
G	Forêt	4	72,88	85,9	77,7
	Banane	2	39,71	47,26	43,6
	Canne	7	45,08	64,59	57,02
	Prairie	6	53,38	74,3	63,52
V	Banane	1			36,26
	Canne	3	60,58	67,02	63,49
	Maraîchage	3	28,11	47,57	37,84
	Prairie	9	49,56	86,45	72,93
	Forêt	4	98,79	103,86	101,33

Sous monocultures (banane, canne, ananas), on observe généralement des valeurs

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Albrecht A., Brossard M., Chotte J.-L. et Feller Ch., 1992a, Les stocks organiques des principaux sols cultivés de la Martinique (Petites Antilles), *Cah. ORSTOM sér. Pédol.*, vol. XXVII, n°1 : 23-36.

Albrecht A., Rangon L. et Barret P., 1992b, Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique), *Cah. ORSTOM sér. Pédol.*, vol. XXVII, n°1 : 121-133.

Blanchart E. et Langlais Ch., 2001, Matière organique et agriculture, *Les Cahiers du PRAM* n°1 : 13-16.
Chevallier T., 2000, *Dynamique et déterminants du stockage du carbone dans un vertisol sous prairie (Martinique)*, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 142 p. + annexes.

Colmet-Daage F., 1969, Légende de la Carte des sols des Antilles à 1/20000. Guadeloupe (partie volcanique)-Martinique, ORSTOM Antilles.

Feller Ch., Fritsch E., Poss R. et Valentin Ch., 1991, Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier), *Cah. ORSTOM sér. Pédol.*, vol. XXVI, n°1 : 25-36.

Kulesza V., 1994, *Evolution de la structure des vertisols du sud-est de la Martinique en fonction du système de culture*, Mémoire de fin d'études, ISTOM, 58 p. + annexes.

Mathieu Ch. et Pieltain F., 1998, Analyse physique des sols : Méthodes choisies, Coll. Tec & Doc, Lavoisier (Paris) : 275 p.

en sables (Feller et al., 1991).

Les valeurs de stocks organiques observées dans les sols argileux pour un même système de culture ne montrent pas un effet spécifique de la minéralogie des argiles (argiles 1/1, halloysite et kaolinite pour les sols brunrouille à halloysite et les ferrisols ; argiles 2/1, smectites pour les vertisols) sur le stockage de la matière organique.

Pour un sol donné, les variations des stocks organiques observées à l'occasion d'un changement d'utilisation mettent en évidence des cultures favorisant un accroissement ou une diminution des contenus organiques du sol : les cultures maraîchères ont un impact négatif sur les stocks organiques des sols. Le remplacement de ces cultures maraîchères par un autre type de culture, quel qu'il soit, entraîne systématiquement une augmentation du stockage de carbone du sol. Les prairies ont un effet positif sur les stocks organiques des sols qui tendent à se rapprocher des valeurs observées sous forêt.

Les stocks organiques mesurés sous canne et sous banane ont des valeurs intermédiaires entre celles observées sous prairies et sous cultures maraîchères, avec une séquestration de carbone supérieure sous canne à celle réalisée sous banane. ■



Corinne Venkatapen

UMR (Laboratoire GEDDE, campus de Schœlcher, B.P. 7207, 97205 Schœlcher Cedex)

Accueil IRD-BOST

Bourse d'étude du Conseil Régional

Éric Blanchart, Joële Louri, Luc Rangon, Raymond Tottla, Bertrand Urien

IRD-BOST (IRD-Martinique-Caraïbe, B.P. 8006, 97259 Fort-de-France cédex, Martinique.)

Diversité de la faune du sol dans les systèmes cultivés en Martinique

Éric Blanchart

Les écosystèmes agricoles comprennent une grande diversité d'environnements terrestres dans lesquels le sol, l'eau et les ressources biologiques sont gérés par l'homme pour la production animale et/ou végétale. L'intérêt croissant de la conservation de la diversité biologique et de l'agriculture durable a incité les chercheurs à porter plus d'attention à la façon dont les organismes du sol (micro-organismes, invertébrés, racines) influencent ces systèmes. Que ce soit dans les systèmes traditionnels ou intensifs, nous avons besoin d'apprendre et de comprendre comment les pratiques agricoles contribuent au maintien de la fertilité et de la productivité des terres arables (Lavelle et al., 1990). Une gestion améliorée et une productivité durable des systèmes agricoles requièrent une connaissance des relations sol-plantes-eau, des réseaux trophiques (chaînes alimentaires) à l'intérieur du sol, des fonctions des différents organismes du sol et des effets des pratiques et techniques agricoles.

Les organismes du sol incluent les micro-organismes (bactéries, champignons...), la microfaune (protozoaires, nématodes...), la mésofaune (acariens, collembolés...), la macrofaune (insectes, vers de terre...) et les racines qui croissent dans le sol. Dans les systèmes naturels et agricoles, il a été montré que les différents groupes d'organismes du sol influencent fortement les propriétés et processus du sol (Lavelle, 1997). Les fonctions essentielles remplies par les organismes du sol sont les suivantes : conservation de la structure du sol, régulation des processus hydrologiques, séquestration du carbone et échanges gazeux, détoxification du sol, recyclage des nutriments,

décomposition de la matière organique, limitation des parasites et maladies, contrôle de la croissance végétale, relations symbiotiques avec les plantes et leurs racines, sources d'aliments et de médicaments... (FAO, 2001).

Les techniques agricoles intensives ont généralement des impacts négatifs sur ces organismes. En Martinique, des inventaires de macrofaune du sol ont été réalisés dans différents systèmes cultivés situés sur sols bruns-rouille à halloysite afin de mettre en évidence l'effet de certaines pratiques agricoles sur la ressource biologique (Viallatoux, 2000).

Neuf parcelles ont été échantillonnées :

- une parcelle de forêt, qui servira de référence à l'étude (appelée "forêt")
- deux parcelles d'agrumes (limequat et pamplemousses) avec plantes de couverture (*Arachis pintoii*) (appelées "Arachis1" et "Arachis2")
- une parcelle d'agrumes (limequat) sans plantes de couverture (appelée "Agrume")
- deux parcelles avec travaux du sol différents (travail superficiel et travail conventionnel profond) en vue d'une plantation d'agrumes (appelées respectivement "Tr. sup." et "Tr. prof.")
- trois bananeraies plus ou moins récentes (appelées "Ban1", "Ban2" et "Ban3").

Les principaux résultats (densités, biomasses, richesses spécifiques) sont présentés dans le tableau suivant (note 1) :

Note 1 : La densité est calculée en individus/m², la biomasse en g/m² et la richesse spécifique en nombre d'espèces.

	Forêt	Arachis1	Arachis2	Agrume	Tr. sup.	Tr. prof.	Ban1	Ban2	Ban3
Densité	351	619	916	115	515	114	111	249	149
Biomasse	32,44	12,70	29,74	0,98	14,13	2,28	8,81	5,75	23,62
Richesse spécifique	19	28	20	7	18	9	11	19	11



Les parcelles "Travail profond" et "Travail superficiel" ont le même antécédent cultural. Seul le travail du sol effectué un an avant les échantillonnages de la faune du sol les différencie. La densité, la biomasse et le nombre d'espèces rencontrées dans la parcelle travaillée superficiellement sont nettement supérieurs à ceux rencontrés dans la parcelle travaillée profondément. L'action mécanique du travail du sol associée à une modification importante de l'environnement physique et chimique réduit considérablement la macrofaune du sol.

Les parcelles "Agrume" et "Arachis1" ont le même antécédent cultural. La différence repose uniquement sur la présence, dans la deuxième parcelle, d'une plante de couverture, *Arachis pintoï*, installée deux ans avant les échantillonnages de faune du sol. Là encore, les peuplements de faune du sol sont très différents. La présence d'*Arachis pintoï* permet un développement important de la faune du sol, que ce soit au niveau de la biomasse, de la densité ou de la richesse en espèces. La parcelle "Arachis2", qui est une autre parcelle d'agrumes avec *Arachis pintoï*, se caractérise également par un peuplement de macrofaune abondant et diversifié.

Enfin, les bananeraies se comportent assez différemment vis-à-vis de la faune du sol. La faune de la parcelle "Ban1" (plantée cinq ans avant notre étude) est peu abondante et peu diversifiée. La parcelle "Ban2" (juste avant replantation, après une année en jachère) présente une densité et une richesse spécifique relativement élevées (mais une biomasse très faible) ; la faune y est dominée par les vers de terre et les chilopodes (mille-pattes). La parcelle "Ban3" est une parcelle de quatre ans, donc relativement similaire à "Ban1". Bien que la richesse spécifique et la densité soient faibles, la biomasse est relativement élevée en raison notamment de la présence d'une espèce de vers de terre.

En comparaison avec la forêt, ces systèmes cultivés se caractérisent par des biomasses d'invertébrés plus faibles mais en fonction des pra-

tiques culturales, la densité de macrofaune et la richesse en espèces peuvent être plus importantes ; c'est le cas notamment des plantations d'agrumes avec *Arachis pintoï*.

Il est intéressant de constater que les groupes de faune du sol réagissent différemment aux pratiques agricoles. Ainsi, les vers de terre sont dominants (en abondance) dans les systèmes où le travail du sol est superficiel et où une plante de couverture est présente. Dans les bananeraies, tout comme dans la forêt, le groupe dominant est celui des diplopodes (iules). Parmi les 64 espèces inventoriées, une seule se retrouve dans les neuf parcelles étudiées, il s'agit d'un chilopode (mille-pattes prédateur). Les trois bananeraies se caractérisent par des peuplements relativement proches en termes d'espèces présentes. Il en est de même pour les plantations d'agrumes.

L'analyse multivariée de ces résultats a permis de séparer nos parcelles d'étude en quatre groupes dont les caractéristiques biologiques sont proches :

- la forêt dont le peuplement de macrofaune se distingue très nettement des autres parcelles,
- la parcelle "Agrume" qui se distingue nettement de la forêt et des bananeraies,
- les trois bananeraies dont les caractéristiques biologiques sont relativement proches,
- les autres parcelles dont les peuplements ont des caractéristiques intermédiaires entre les trois autres groupes.

La parcelle "Arachis2" est celle qui se rapproche le plus de la forêt du point de vue de son peuplement ; la parcelle "Agrume" est celle qui s'en éloigne le plus.

La mise en culture des sols brun-rouille à halloysite entraîne des modifications profondes des peuplements de macrofaune du sol. Différentes pratiques agricoles ont des effets négatifs sur la faune du sol : le travail du sol, l'absence de couverture au sol, l'utilisation de

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

FAO, 2001, Soil biodiversity portal. Conservation and management of soil biodiversity and its role in sustainable agriculture. <http://www.fao.org/AG/AGL/agll/soilbiod/>.

Lavelle P., 1997, "Faunal activities and soil processes : adaptative strategies that determine ecosystem function", *Advances in Ecological Research*, 27 : 93-132.

Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Melendez G. & Pashanasi B., 1990, "Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol", *Rencontres internationales : Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* CIRAD, Montpellier, 47 p.

Viallatoux A., 2000, *Impact des systèmes de culture et des pratiques agricoles sur les peuplements de macro-invertébrés du sol au Bénin et à la Martinique*. Diplôme d'Etudes Supérieures en Ecologie, Univ. Paris VI. 35 p. + annexes.

pesticides. À l'inverse, le travail superficiel du sol et l'utilisation de plantes de couverture ou de litière en surface favorisent le développement de la macrofaune du sol. Il est également intéressant de noter, à travers cette étude, que l'interruption d'une bananeraie par une année de jachère permet un rapide développement (en abondance et en nombre d'espèces) de la macrofaune du sol.

Les techniques agricoles intensives généralement utilisées en Martinique permettent de surmonter les contraintes du sol et de satisfaire les besoins des plantes, à travers l'utilisation d'engrais inorganiques, de pesticides et d'autres amendements. Bien que ces pratiques aient permis d'augmenter de façon considérable la production végétale, elles ont aussi tendance à diminuer ou à négliger les bénéfices potentiels des activités biologiques du sol dans la conservation de la fertilité du sol et l'accroissement de la production. De plus, une mauvaise utilisation ou une sur-utilisation de ces pratiques a entraîné une dégradation du sol et de l'environnement (diminution de la fertilité du sol et de ses composantes physiques et biologiques, contamination des eaux de surface ou souterraines). Il est donc nécessaire et urgent de développer une approche intégrée de l'agriculture qui considère les impacts potentiels sur le sol et sur l'environnement ainsi que les implications biologiques, physiques et chimiques des pratiques agricoles. ■



Parcelle d'agrumes avec Arachis pintoï comme plante de couverture

PRAM

Éric Blanchart

IRD
Laboratoire Biologie et Organisation des Sols Tropicaux
 e-mail : blanchart@ird-mq.fr

Nématologie tropicale à la Martinique : de l'acquis à la prospective

Patrick Quénéhervé

Depuis 1987, les travaux en nématologie à la Martinique et dans la Caraïbe ont été conduits par l'IRD face à deux demandes complémentaires :

- des demandes externes et conjoncturelles émanant des différents acteurs du monde agricole (Chambre d'Agriculture, Direction de l'Agriculture et de la Forêt, CIRAD, INRA, Groupements agricoles, etc.)
- une demande interne émanant de la propre programmation scientifique de l'IRD (intégration dans les unités de recherche de l'Institut).

Ces travaux ont été conduits à la Martinique selon deux axes principaux : un axe nématode-sol et un axe nématode-plante et ont conduit à la publication de plus de cent références bibliographiques.

L'acquis

A la création du laboratoire en 1987, les premières études se sont intéressées aux structures spécifiques des peuplements de nématodes parasites de la canne à sucre. De 1987 à 1995, différentes études se sont ainsi succédées sur cette relation nématode-sol sur canne à sucre (à la Martinique et à Barbade) et ont mis en évidence plusieurs types de résultats, repris à travers de nombreuses publications scientifiques [1, 2, 3] et une thèse de doctorat [17] :

- la relation entre le remodelage des terres à la Martinique et l'observation de dégâts liés à la présence de nématodes phytoparasites sur les zones remodelées (macro-répartition spatiale) ;
- la relation entre le développement racinaire de la canne à sucre et la distribution des nématodes dans et entre les rangs (micro-répartition spatiale) ;
- la relation entre la distribution de certaines espèces de nématodes phytoparasites et la garniture ionique des sols ;

- la mise en évidence sur canne à sucre du syndrome du dépérissement des repousses (Ratoon Stunting Disease) en relation avec la forte présence de nématodes sur canne à sucre à Barbade.

En parallèle à ces travaux, la relation nématode-plante a tout d'abord été abordée sous forme d'enquêtes faunistiques, bien souvent en collaboration avec le Service de la Protection des Végétaux de Fort-de-France. Ces enquêtes faunistiques ont ainsi été conduites sur les différentes spéculations agricoles de la Martinique : en maraîchage sur tomate et sur cultures sous abris, sur plantes à tubercules comme l'igname, sur les cultures de diversification comme l'horticulture florale, sur la banane, sur le goyavier et sur les adventices associées à ces cultures.

Ces études ont souvent été suivies d'approfondissements ou de thèmes de recherche propres. C'est ainsi que, dès 1991, une synthèse régionale des problèmes phytosanitaires liés à la culture de la tomate à la Martinique a pu être publiée [4] et que différents travaux complémentaires ont été conduits par l'IRD et ses partenaires (INRA et CIRAD) avec pour résultats :

- la généralisation de l'utilisation de variétés de tomate de plein champ résistantes aux nématodes
- la nécessité d'une désinfection du sol en culture sous abris (physique ou culturale par rotation ou culture de plantes antagonistes, cf. *Mucuna pruriens*)
- la mise en évidence de la synergie entre les nématodes à galles et le flétrissement bactérien causé par *Ralstonia solanacearum*
- l'incompatibilité de l'introgression des deux types de résistance (aux nématodes et au flétrissement bactérien) dans une même variété de tomate
- la mise en évidence du mode de dissémination des nématodes de l'igname (*Scutellonema*

bradys et *Pratylenchus coffeae*) et des méthodes à employer pour une culture saine

- la mise en place d'itinéraires techniques pour la mise en jachère en bananeraie et le contrôle de *Radopholus similis*
- la mise en évidence du dépérissement du goyavier causé la présence du nématode à galles, *Meloidogyne mayaguensis*.

Ces travaux ont fait l'objet de nombreuses publications scientifiques [5, 6, 7, 8, 9, 10] et d'une thèse de doctorat [17].

Enfin ces enquêtes ont été à la base de la connaissance de la nématofaune associée aux plantes non seulement à la Martinique mais aussi en Guadeloupe et en Guyane. C'est ainsi que sont actualisées pour la première fois les listes de nématodes phytoparasites pour les trois DFA [11, 12].

- Martinique : plus de 79 espèces de nématodes phytoparasites identifiées, dont 6 espèces nouvelles (*Aorolaimus luci*, *Helicotylenchus minutus*, *Criconemoides ornativulvatus*, *Ogma toparti*, *Paratrichodorus anthurii*, *Paratrichodorus caribbensis*)

- Guadeloupe : plus de 86 espèces de nématodes phytoparasites identifiées, dont 3 espèces nouvelles (*Hirschmaniella caribbeana*, *Helicotylenchus kermarecci*, *Ogma casparnetscheri*)

- Guyane : plus de 92 espèces de nématodes phytoparasites identifiées, dont 8 espèces nouvelles (*Helicotylenchus macrostylus*, *Helicotylenchus planquettei*, *Discocriconemella gufraensis*, *Hemicycliophora paracouensis*, *Xiphinema labiosum*, *Xiphinema seinhorstii*, *Xiphinema pseudokrugi*, *Monotrichodorus sacchari*).

Les travaux de taxonomie sont effectués en étroite collaboration avec nos collègues d'Afrique du Sud, du Plant Protection Research Institute de Pretoria.

La prospective

Comme on vient de le voir, ces quinze années d'études et de recherches en nématologie tropicale à la Martinique montrent une extrême diversité tant dans les sujets d'étude abordés que dans les résultats obtenus, des plus fondamentaux aux plus appliqués. Comme pour d'autres disciplines, la biodiversité observée est très importante et les problèmes nématologiques sont dans la Caraïbe (comme dans les autres régions tropicales) autrement plus importants et aigus qu'en région tempérée comme l'Europe.

Les nématodes, d'une manière générale, outre les dommages et pertes occasionnés à la production végétale posent en effet de sérieux problèmes en termes de protection phytosanitaire. Les quelques nématicides utilisés (dont le nombre devrait encore être réduit d'ici 2004) peuvent être la cause de pollutions environnementales non négligeables. Les solutions existent toutefois et passent par une réduction de l'utilisation des pesticides suite à l'application de pratiques culturales adaptées et à l'utilisation de variétés résistantes et/ou tolérantes aux nématodes. C'est tout le défi que nous nous proposons de relever en nématologie dans le cadre du PRAM pour les années futures.

Ces différentes perspectives de recherche sont en cours à la Martinique en nématologie tropicale dans le cadre de nombreuses actions de recherche.

Il s'agit de la mise en place d'itinéraires techniques plus respectueux de l'environnement, que ce soit en bananeraies mais aussi en maraîchage et en horticulture par l'application de méthodes culturales appropriées [13, 14] :

- en bananeraie, destruction du matériel végétal contaminé à l'aide d'herbicides systémiques pour annihiler les populations de nématodes endoparasites avant replantation ;
- en bananeraie, rotation culturale avec des plantes non hôtes de *Radopholus similis* (ananas, taro...) ;

- sur toutes cultures, maîtrise des adventices hôtes potentielles de nématodes (graminées, solanacées et urticacées) ;
- sur toutes cultures, maîtrise des risques de réinfestation des parcelles par les eaux de ruissellement et de drainage en provenance de parcelles contaminées ;
- sur toutes cultures, contrôle de l'infestation en nématode des eaux d'irrigation.

Un des axes principaux de recherche concerne la résistance du bananier aux nématodes. Cette opération, débutée en 2000 par le criblage de quelques bananiers diploïdes sauvages a depuis été élargie à la recherche de résistance non seulement aux nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) mais aussi aux nématodes endoparasites migrants (*Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*). Depuis le début de cette opération, toute une gamme de bananiers susceptibles de rentrer dans le programme d'amélioration variétale du CIRAD (soit plus de 63 accessions à ce jour) a été multipliée (in vitro) et testée vis-à-vis de ces nématodes en conditions contrôlées (chambres climatiques). L'indexation vis-à-vis des nématodes des nouveaux bananiers hybrides du CIRAD est également en cours. Quelques sources de résistance aux nématodes sont en cours d'identification et doivent encore être confirmées par des études complémentaires (histologie et histochimie).

Un autre axe de recherche concerne l'identification spécifique des nématodes à galles à la Martinique. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont les parasites les plus importants en termes de dégâts en nématologie tropicale et comportent à ce jour plus de 80 espèces décrites dans le monde. Ces nématodes, difficilement identifiables par les méthodes classiques de la taxinomie, parasitent l'ensemble des cultures de la Martinique (maraîchage, horticulture ornementale, arboriculture fruitière et bananiers) et contribuent à mettre en péril les fragiles

équilibres de l'agriculture locale. En effet, les risques phytosanitaires et environnementaux liés à la présence de ces parasites mais aussi aux méthodes de contrôle sont élevés. Voici quelques exemples propres à la Martinique :

- utilisation intensive d'une seule variété de tomate résistante (cas de la tomate cv Heatmaster)
- utilisation de pesticides dangereux pour l'homme et l'environnement (cultures associées, intercalaires)
- émergence de populations de parasites capables de briser les résistances existantes (présence de *Meloidogyne spp* qui cassent la résistance du gène Mi, présence de *Meloidogyne mayaguensis*)
- réel risque d'élimination de certaines cultures de diversification (cas des goyaviers).

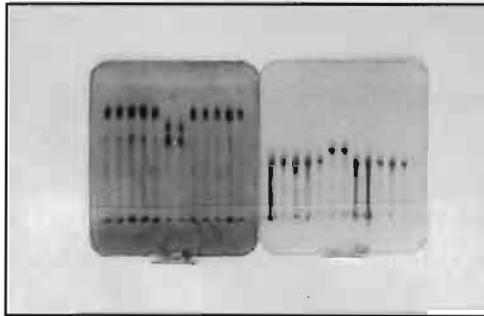
Il est attendu de cette opération une meilleure connaissance de la biodiversité des espèces de *Meloidogyne* présentes à la Martinique avec une cartographie précise de leur distribution spécifique ainsi que de leur virulence par système de cultures. Ces connaissances, outre leur intérêt propre du point de vue cognitif, devraient aider à la décision quant aux choix des successions culturales, à la gestion des résistances existantes et à l'utilisation raisonnée des pesticides.

Cette opération de recherche qui doit bénéficier du soutien du Ministère de l'Outremer a déjà débuté par l'identification des *Meloidogyne spp* du bananier, à la Martinique, en Guadeloupe et en Guyane dans le cadre du travail de thèse d'une allocataire IRD. Ces travaux sont conduits selon les techniques biochimiques les plus récentes appliquées à la biologie (électrophorèses d'isoenzymes, RAPD) en collaboration avec l'INRA et l'EMBRAPA au Brésil [15].

Déformations et galles causées par *Meloidogyne sp* sur racines de bananiers



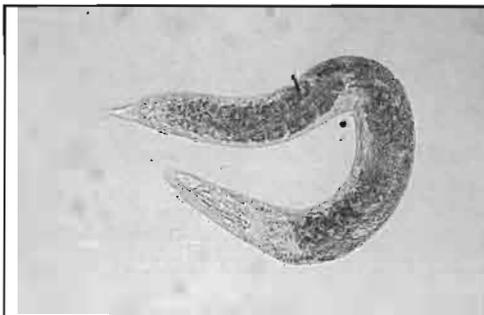
Caractérisation de *Meloidogyne sp* par électrophorèse d'isoenzymes



Criblage de bananiers en chambre climatique pour la résistance aux nématodes



Larve du nématode entomopathogène *Steinernema carpocapsae* utilisé en lutte biologique contre le charançon du bananier.



Enfin, à côté des nématodes nuisibles aux cultures, il existe des nématodes utiles, parasites d'insectes et qui peuvent être utilisés dans le cadre de la lutte biologique. Une opération de recherche est en cours avec la collaboration de l'INRA sur l'utilisation de *Steinernema carpocapsae* contre le charançon du bananier. En effet, l'application d'insecticide en bananeraie devient de plus en plus problématique et l'utilisation de nématodes entomopathogènes en association avec l'attraction des charançons à l'aide de phéromones a montré des résultats très prometteurs [16]. ■

PRAM

Patrick Quénéhervé

IRD

UMR 1097 (AGRO-M, CIRAD, INRA, IRD)

Diversité et Génome des Plantes Cultivées

e-mail : Queneherve@ird-mq.fr

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

1. Cadet P., Thioulouse J., Albrecht A., 1994, Relationships between ferrisol properties and the structure of plant parasitic nematode communities on sugarcane in Martinique (French West Indies), *Acta Oecologica* 15 : 767-787.
2. Delaville L., Rossi J.-P., Quénéhervé P., 1996, Plant row and soil factors influencing the micro-spatial patterns of plant parasitic nematodes on sugarcane in Martinique, *Fundamental and Applied Nematology* 19 : 321-328.
3. Feller C., Albrecht A., Brossard, M., Chotte, J.-L., Cadet P. et al., 1990, Effet de différents systèmes de culture paysans sur quelques propriétés des sol et relation sol-plante dans la zone des Petites Antilles, *Agriculture Paysanne et Développement : Caraïbes-Amérique tropical* 3 : 165-195.
4. Hostachy B., Mutz J., Cadet P., 1991, Synthèse régionale des problèmes phytosanitaires de la culture de la tomate à la Martinique (Antilles françaises), *Agronomie* 11 : 175-184.
5. Cadet P., Prior P., Steva H., 1990, Influence de *Meloidogyne arenaria* sur la sensibilité de deux cultivars de tomates à *Pseudomonas solanacearum* (EF Smith) dans les Antilles Françaises. *Agronomie Tropicale (Nogent)* 44 : 263-268.
6. Quénéhervé P., Drob F., Topart P., 1995, Host status of some weeds to *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp, *Helicotylenchus* spp and *Rotylenchulus reniformis* associated with vegetables cultivated in polytunnels in Martinique, *Nematropic*, 25 : 149-157.
7. Quénéhervé P., Van den Berg E., Topart P., Hostachy B., 1997, Analyse écologique de la spécificité parasitaire des nématodes phytoparasites associés à quelques plantes ornementales cultivées à la Martinique, *Nematologica* 43 : 214-227.
8. Cadet P., Quénéhervé P., 1994, Fluctuations naturelles de *Scutellonema bradys* (Nematoda : Hoplolaimidae) au cours de la croissance et du stockage de l'igname (*Dioscorea alata*) à la Martinique, *Nematologica* 40 : 587-600.
9. Quénéhervé P., 1998, Les nématodes de l'igname, L'Igname : Plante séculaire et culture d'avenir (J. Berthaud, N. Bricas et J.-L. Marchand éd.), Actes du séminaire international CIRAD-INRA-ORSTOM-CORAF (3-6 juin 1997, Montpellier), pp. 193-204.
10. Deberdt P., Olivier J., Thoquet P., Quénéhervé P., Prior P., 1999, Evaluation of bacterial wilt resistance on tomato lines near-isogenic for the Mi gene conferring resistance to the root-knot nematode, *Plant Pathology* 48 : 415-424.
11. Van Den Berg E., Quénéhervé P., 1995, *Ogma toparti* sp. n. and three known plant-parasitic nematode species from the French Caribbean (Nemata : Tylenchina), *Fundamental and Applied Nematology* 18, 361-369.
12. Swart A. & Quénéhervé P., 1998, The genus *Xiphinema* (Nematoda : Longidoridae) in Guyane and Martinique, *Fundamental and Applied Nematology* 21 : 581-604.
13. Chabrier C., Hubervic J., Quénéhervé P., 2002, Evaluation of fosthiazate (Nemathorin® 10G) for the control of nematodes in banana fields in Martinique, *Nematropica*, sous presse.
14. Chabrier C. & Quénéhervé P., 2003, Control of the burrowing nematode (*Radopholus similis* Cobb) on banana: impact of the banana field destruction method on the efficiency of the following fallow, *Crop Protection*, sous presse.
15. Carneiro R.M.D.G., Almeida R.M.A., Quénéhervé P., 2000, Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. Populations, *Nematology* 2, 645-654.
16. Chabrier C., Mauléon H., Quénéhervé P., 2002, Combination of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) and pheromone lure : a promising strategy for biological control of the banana black weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) on bananas in Martinique (Abstr.), *Nematology* 4, 190-191.
17. Delaville L., 1995, Etude des structures spatio-temporelles de la nématofaune phytoparasite associée à la canne à sucre. Relations avec les caractéristiques physico-chimiques des sols, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 295 p.

Proposition d'une méthode d'analyse spatiale des pratiques agricoles à l'échelle d'un bassin versant dans un contexte de pollution des eaux

Marie Houdart
André Lassoudiere
Frédéric Saudubray

Sur un territoire restreint et insulaire tel que la Martinique, la forte présence spatiale d'une activité agricole souvent intensive engendre des problèmes environnementaux tels que la pollution des eaux destinées à la consommation. Sa réduction constitue à l'heure actuelle l'un des enjeux environnementaux majeurs de l'île [1]. Afin d'envisager cette réduction, nombreuses sont les études qui préconisent de travailler à l'échelle du bassin versant [3, 4], au sein duquel la pression polluante de chaque parcelle doit être prise en compte. Or définir une pression polluante consiste, d'une part, à connaître la charge polluante générée par le travail de l'agriculteur, d'autre part, à connaître l'ensemble des facteurs favorisant le transfert des produits polluants à l'exutoire du bassin. Ce premier volet suffit déjà à orienter l'action de façon à diminuer ces risques. Nous proposons donc ici une méthode d'analyse des pratiques agricoles phytosanitaires à l'échelle du bassin versant.

METHODES ET OUTILS

Le choix de l'aire d'étude s'est arrêté sur le bassin versant de Rivière Noire (environ 200 ha). Outre sa taille restreinte et le nombre réduit d'exploitants présents sur la zone (12 au total en août 2001), ce bassin versant présente un intérêt majeur du fait de sa localisation. Situé sur les flancs de la montagne Pelée, intégré à celui de la Capot, il s'intègre en effet dans un espace caractérisé par le nombre important de ressources en eau potable : la prise d'eau de la Capot constitue, par exemple, l'une des ressources majeures en eau potable de l'île [5] (35000 m³/j, 20 à 25% de la ressource en eau potable de la Martinique). Une série d'enquêtes a d'abord été réalisée auprès de chacun des exploitants de la zone. Deux thèmes ont été abordés : (1) le parcellaire, ainsi que l'iti-

néraire technique par parcelle et la dynamique temporelle de cet itinéraire technique à travers la définition des successions culturales ; (2) le fonctionnement global de l'exploitation, suivant le principe de l'approche globale [4], de façon à cerner les choix stratégiques de l'exploitant.

Les informations recueillies ont été saisies sur une base de données ACCESS. Elles couvrent les mois d'août 2001 à juillet 2002. Elles ont été traitées puis spatialisées sur un Système d'Information Géographique (SIG, à l'aide conjointe des orthophotoplans et du logiciel MapInfo), de façon à mettre en évidence leur distribution spatiale.

RESULTATS

1. VARIABILITE CULTURALE ET DIVERSITE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Le bassin versant de Rivière Noire constitue un exemple intéressant pour l'analyse des actions des pratiques agricoles sur l'environnement puisque la surface consacrée aux activités agricoles (SAU, traces et bâtis agricoles) représente 70% de sa superficie.

Deux orientations principales occupent l'espace du bassin : la banane et le maraîchage-vivrier ; la culture de l'ananas est, quant à elle, restreinte. Pour une même culture, les itinéraires techniques sont par ailleurs variés, dépendant des pratiques individuelles. S'ensuit une diversité des produits phytosanitaires épandus, dont les doses moyennes par hectare ainsi que les quantités épandues sur l'année sont extrêmement variables. Nous citerons, pour exemple, les deux extrêmes tirés du bilan phytosanitaire du bassin pour la période d'analyse fixée :

Tableau 1 :
Extraits du bilan phytosanitaire
du bassin de Rivière Noire
entre août 2001 et juillet 2002

Substance active	Surface traitée (ha) (nb trait. moy.*surf.)	Surface développée par traitement	Dose moyenne (kg/ha)	Quantité totale (kg)
Lambda cyhalothrine	1,1	3,2	0,0025	0,008
Fipronil	47,7	47,7	27	1290

2. EXPRESSION ET SPATIALISATION DE LA DIVERSITE DES PRATIQUES PHYTO-SANITAIRES

2.1. La définition d'un indicateur de charge phytosanitaire

A partir de l'hypothèse que les types de produits, la fréquence d'application et la quantité épan- due sont déterminés avant tout par les succes- sions culturales au cours de l'année, nous avons recensé ces dernières, en stipulant pour chacune d'elles la quantité de matière active relevée. La somme des charges de matière active calculée pour chaque succession culturale donne lieu à ce que l'on définit comme "l'indica- teur de charge phytosanitaire" (ICP). On

donne un exemple pour l'association cultu- rale "Concombre/Choux/Dachine/Jachère" (Co/C/D/J) (tableau 2).

Tableau 2 : Définition de
l'Indicateur de Charge
Phytosanitaire

MATIERE ACTIVE		CO/C/D/J (kg/ha)
Fongicides	Bénomyl	0,143
	Tridémorphe	0
	Tébuconazole	0
	Flusilazol	0
	Propiconazole	0
Herbicides	Amétryne	0
	Maétryne+simazine	0
	Paraquat	1,192
	Glyphosate	0
Insecticides et nématocides	Bacillus thurengiensis	0
	Cuivre de sulfate	0
	Deltaméthrine	0,375
	Disulfoton	0
	Lambda cyhalothrine	0
	Parathion méthyl	2,866
	Fipronil	0
	Cadusafos	0
	Abamectine	0
	Terbufos	0
	Indicateur de Charge Phytosanitaire	4,6

2.2. Une nette division spatiale du bassin versant

Quatre classes d'indicateur de charge ont été obte- nues, dont la spatialisation (figure 3) met en valeur un contraste entre les parties basse et haute du bassin versant.

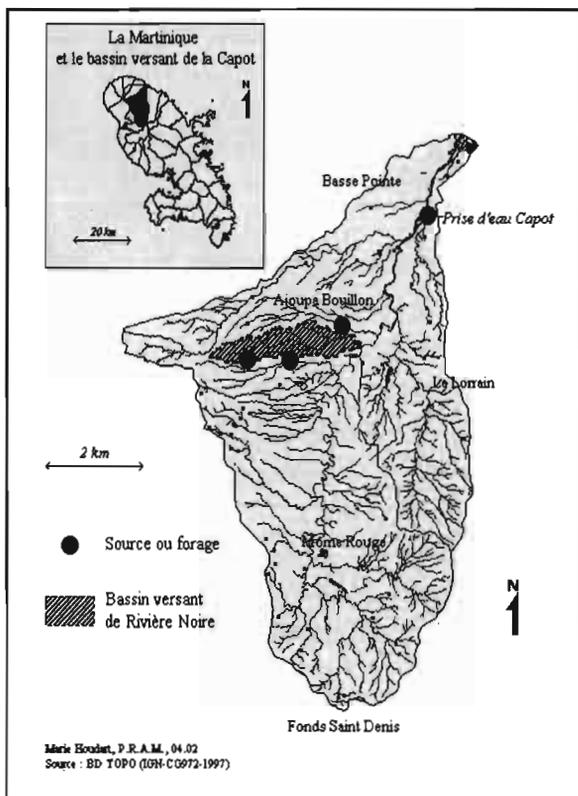
Certaines précisions sont à souligner :

- la charge phytosanitaire la plus élevée et les doses moyennes par épandage les plus fortes sont le fait de la monoculture de banane et sont prépondérantes dans l'espace du bassin versant (54% de la SAU), en particulier dans la partie basse (classe 1) ;
- l'importance de cette charge diminue dès qu'une partie de l'année est consacrée à la jachè- re et/ou à la culture de la dachine (classe 2) ;
- la classe 4 regroupe les parcelles aux données phytosanitaires inconnues : il s'agit dans la majorité des cas d'un manque de suivi de la part de l'exploitant qui peut révéler une ges- tion aléatoire des ressources naturelles. Cette classe ne peut donc pas être négligée ;
- une partie importante du bassin est occupée par des cultures non- consommatrices de produits phy- tosanitaires (classe 3 : 22% de la SAU), en particulier dans la partie haute, presque exclusivement réservée au maraîchage-vivrier.

CONCLUSION

Une telle analyse ne prend en compte qu'un indicateur de charge et ne doit être considérée qu'à titre d'exemple méthodologique. Bien qu'elle permette de dresser rapidement le portrait phytosani- taire du bassin versant, elle demeure indicative. Le même type de classification peut être effec- tué, en fonction de la probléma-

Figure 1 : Le bassin versant de rivière noire



tique, pour (1) une molécule spécifique, (2) une famille de molécules (organochlorés, organophosphorés, etc.), (3) une famille de produits (fongicide, herbicide ou insecticide), etc.

C'est finalement sur la base de cette connaissance, associée à celle des transferts des produits polluants dans le bassin, qu'il sera possible d'orienter les actions pour espérer diminuer les risques de pollution à l'aval : application généralisée de pratiques raisonnées, réorganisation spatiale des successions culturales de façon à diminuer l'importance spa-

tiale de celles présentant la plus forte charge phytosanitaire ou à les éloigner des axes de transferts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Balland P., Mestre R., Fagot M., 1998, *Rapport sur l'évaluation des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires en Guadeloupe et en Martinique*, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Direction Générale de l'Alimentation, 96 p.

[2] Capillon A., Manichon H., 1991, *Guide d'étude de l'exploitation agricole à l'usage des agronomes*, INAPG et Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture, 65 p.

[3] Chevry C., 1998, *Agriculture intensive et qualité de l'eau*, INRA Editions, 297 p.

[4] CORPEN (Comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates, les phosphates et les produits phytosanitaires provenant des activités agricoles), 1996, *Qualité des eaux et produits phytosanitaires : Proposition pour une démarche de diagnostic*, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, 120 p.

[5] Guiscafre J. et al., 1976, *Les ressources en eau de surface de la Martinique*, Monographies Hydrologiques, ORSTOM, Paris, 180 p.

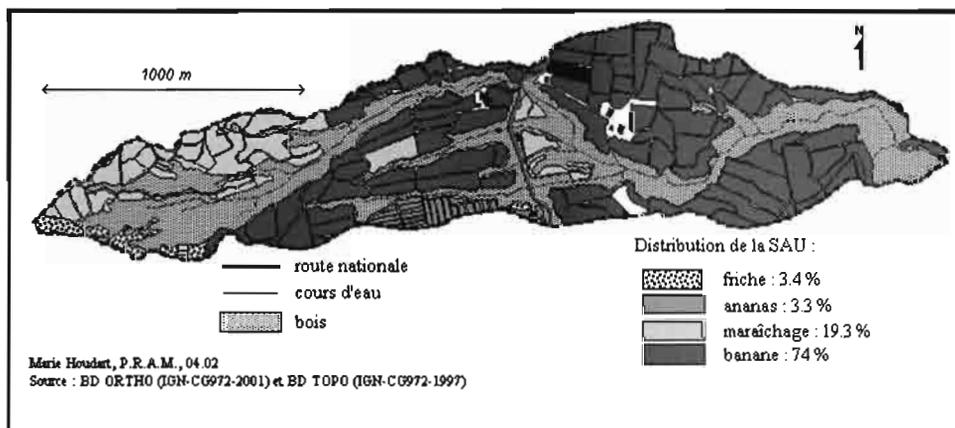


Figure 2 : Les orientations culturales dans le bassin versant de Rivière Noire en 2001-2002

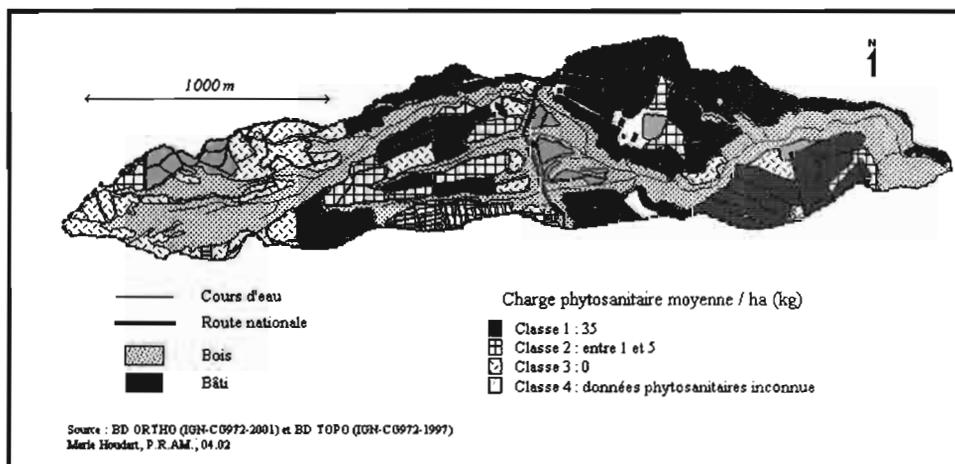


Figure 3 : Variabilité spatiale de la charge phytosanitaire dans le bassin versant de Rivière Noire entre août 2001 et juillet 2002

PRAN

Marie Houdart et André Lassoudiere
 CTRAD-FHLOR
 e-mail : marie_houdart@hotmail.com

Frédéric Saudubray
 CEMAGREF Martinique

Gestion de la fertilisation azotée en culture de tomate

Définition d'un indicateur de la nutrition azotée

Christian Langlais
Line Raphaël
David Lahaye

La Martinique présente deux caractéristiques essentielles : d'une part, c'est une région où l'érosion est un risque naturel important ; d'autre part, la proximité des écoulements et des milieux récepteurs (rivières, nappes, baies) rend ces derniers particulièrement vulnérables aux pollutions telluriques de toutes formes. Il se pose ainsi le problème des pollutions d'origine agricole. Ces dernières ont des conséquences directes sur la qualité de la ressource en eau et la santé humaine et donnent une mauvaise image de l'agriculture auprès du public, entraînant des répercussions indirectes sur l'économie des filières de production. En Martinique, le risque de pollution des eaux par les produits phytosanitaires et les engrais est une préoccupation majeure.

Les nitrates dans les eaux de captage

Différentes campagnes d'analyse des eaux de captages ont été réalisées depuis 1993. On remarque une augmentation des taux de nitrates dans certains de ces captages comme l'illustre la figure 1.

Les pratiques de fertilisation des agriculteurs sur la tomate

Une enquête a été réalisée en 1998 (Louvrier 1998) chez les producteurs de tomate martiniquais. L'analyse des pratiques de fertilisation azotée montre que 60% des agriculteurs utilisent plus de 200 kg/ha d'azote sur un cycle de tomate et que la moyenne de fertilisation est de 330 kg/ha. Ces doses excessives associées à la pluviométrie abondante présentent un risque de lessivage de nitrate important.

Pilotage de la fertilisation azotée de la tomate par l'azote de la plante

Le risque de lessivage de nitrate lié à la fertilisation azotée de la tomate, incite la recherche à mettre à la disposition des agriculteurs des outils de pilotage de la fertilisation azotée. L'outil testé ici s'appuie sur la courbe de dilution de l'azote dans les plantes.

2.a. La courbe de dilution de l'azote

Principe

Pour des espèces de graminées prairiales, Salette et Lemaire (1981) ont démontré l'existence d'un ajustement réciproque entre la vitesse de croissance de la plante et le prélèvement d'azote durant la saison de croissance, et une diminution progressive du rapport azote prélevé et biomasse sèche produite. Ils proposent un modèle statistique ou loi de dilution afin de décrire ce fonctionnement :

$$\% N = a MS^b$$

- %N (grammes d'azote dans la plante pour 100 grammes de matière sèche) : concentration d'azote de la matière sèche aérienne,
- MS (tonnes par ha) : quantité de matière sèche accumulée pendant la phase de croissance,
- a : concentration d'azote dans la matière sèche à la fin de la période de croissance exponentielle,
- b : paramètre statistique gouvernant la pente de la relation

Il existe une courbe dite "critique" de dilution de l'azote caractérisant la trajectoire idéale de la teneur en azote d'une culture maximisant la production de biomasse (Lemaire et Salette, 1984 ; Salette et Lemaire, 1981 ; Ulrich, 1952). Sous cette courbe, la culture est déficiente en azote et au dessus, la fourniture d'azote est

excédentaire : ceci permet de fixer un index de nutrition azoté (INN) égal au rapport % N mesuré / % N critique (Lemaire et Salette, 1984). La valeur INN = 1 correspond à la présence dans la plante du taux d'azote idéal.

Chez la tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), deux courbes de dilution critique ont été établies, l'une par Le Bot et al. en 1995 et l'autre par Tei et al. en 2001 lors d'expérimentations en climat tempéré.

Dans notre étude, nous vérifierons la justesse de ces relations dans les conditions pédoclimatiques de la Martinique. Il s'agit de la première étape pour constituer un référentiel fiable indispensable au diagnostic des besoins azotés des cultures de tomate.

Itinéraire technique de la culture

La culture est menée en hors sol avec cinq solutions nutritives (S1 à S5) ayant des concentrations en azote croissantes (3, 7, 11, 15 et 22,5 milliéquivalents / litre).

Mesures

Toutes les semaines une plante par parcelle est coupée au ras du pot. Tiges, feuilles et fruits sont séparés et pesés en frais. Après un passage à l'étuve à 80°C pendant cinq jours, le poids sec est mesuré pour chaque lot. Les échantillons sont ensuite broyés et l'azote total est mesuré.

Résultats

La détermination des points critiques a été réalisée selon la méthode proposée par Justes et al. (1994) consistant à tracer deux régressions (figure 2),

l'une correspondant à l'augmentation de la matière sèche en corrélation avec un apport croissant d'azote, et l'autre, décrivant l'absence de variation de la valeur de matière sèche, malgré une augmentation des apports azotés : le point critique est à l'intersection de ces deux droites. On obtient alors une succession de points critiques correspondant à la valeur d'azote apporté à partir de laquelle il n'y a plus d'augmentation de la matière sèche de la plante. On trace à partir de ces points une régression de type puissance.

La courbe critique de dilution de la tomate obtenue à partir des mesures réalisées en hors sol à la station du CIRAD au Lamentin est caractérisée par la relation (figure 3) :

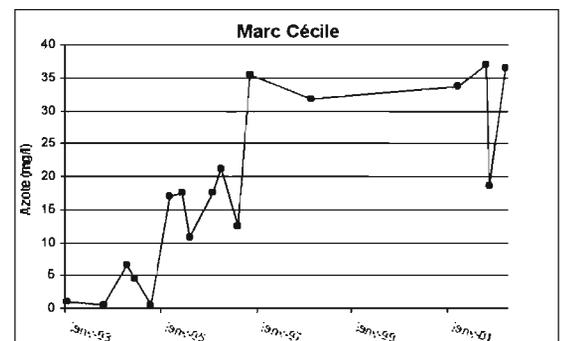
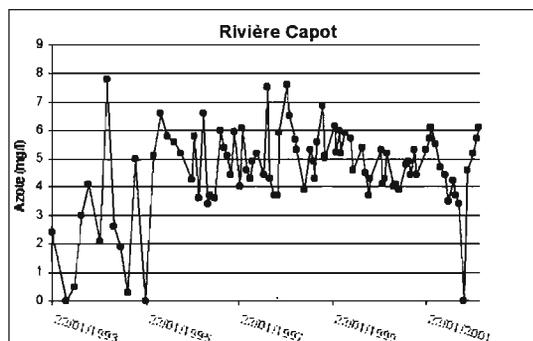
$$\%N = 5,1 \times MS^{0,37}$$

Cette relation est obtenue quand la biomasse de la plante varie entre 1 et 9 tonnes par hectare. Pour des valeurs inférieures à 1 tonne.ha-1, les pentes des régressions ne permettent pas de définir des points d'intersection satisfaisants.

b. Indicateurs de l'état de nutrition azotée

Dans la pratique, les analyses de plantes entières sont impossibles à réaliser en temps réel et sont de plus très coûteuses. Nous avons cherché à définir un indicateur simple, facile à utiliser, permettant par des analyses rapides de fournir d'une part le statut de l'état azoté de la plante entière, et d'autre part de situer la culture par rapport à la courbe critique. A partir des informations ainsi recueillies, on pourra

Figure 1 : Evolution des taux de nitrate dans les captages



alors trancher sur l'intérêt ou non d'une fertilisation supplémentaire. Deux organes simples d'accès ont été testés : les gourmands (terme technique désignant les jeunes axillaires) et les pétioles de feuilles adultes.

Itinéraire technique

Des essais en pleine terre ont été réalisés au Centre de formation permanente pour adultes (CFPPA) du Carbet et au CIRAD-FLHOR au Lamentin. Ces deux sites correspondent à différents types de sol, respectivement, sol sur ponce et sol brun-rouille. Les quantités d'azote épandues (notées F0, F1, F2, F3) sont de 0, 90, 150 et 200 kg/ha d'azote.

Mesures

L'azote total est mesuré sur tiges, feuilles et fruits chaque semaine. Toutes les semaines, un prélèvement de gourmands et de pétioles de feuilles adultes à deux positions, haut et bas de la plante, est réalisé le plus tôt possible le matin. Un minimum de 20 organes par parcelle élémentaire est prélevé. Les 12 échantillons sont broyés au plus tard l'après-midi du prélèvement. Le jus obtenu est filtré et dilué au vingtième afin de réaliser une mesure du taux de nitrates à l'aide d'un appareil de mesure rapide par colorimétrie (RQFLEX).

Courbes critiques

Le positionnement des points sur une courbe "matière sèche versus pourcentage d'azote dans la plante" révèle une sous-alimentation en azote durant le cycle de la culture. La déficience semble plus marquée au Lamentin où aucun point ne dépasse la courbe critique. Au Carbet, les points correspondant à la fertilisation F2 se rapprochent de la courbe et la dépassent par endroit, révélant ainsi une nutrition satisfaisante.

Evolution du taux de nitrates dans les indicateurs

Les variations des taux de nitrates selon les fertilisations observées dans les gourmands sont amplifiées dans les pétioles (figure 4, comparaison entre les graphes du haut et du bas), et ce au Lamentin comme au Carbet. Au Carbet, le taux de nitrates dans les pétioles des jeunes feuilles adultes durant la croissance de la culture (figure 4, haut) montre une tendance à l'augmentation dans le cas de la fertilisation F2. Il passe en effet de 1200 mg de nitrates par litre de jus de pétiole au début du cycle, à plus de 2500 mg.l-1 en fin de cycle. Comme les points représentant la courbe F2 sont les plus proches de la courbe critique, nous choisirons comme valeurs de taux de nitrates dans les pétioles à partir desquelles il faut apporter un complément d'azote 1200 mg/l de la plantation à la floraison et 2500 mg/l de la floraison à la récolte.

INN versus % nitrates dans les indicateurs

Le graphe de la figure 5 représente les relations existantes entre INN et taux de nitrates dans les indicateurs. Les quadrants mis en place permettent de tirer des conclusions sur la validité des indicateurs. Ainsi, les meilleurs indicateurs sont ceux dont les points sont répartis au mieux dans le quadrant supérieur droit : INN > 1 pour de fortes quantités de nitrates dans les indicateurs et le quadrant inférieur gauche : INN < 1 pour de faibles quantités de nitrates dans les indicateurs. En pleine terre, Lamentin et Carbet, les points mesurés se trouvent dans le quadrant inférieur gauche, indiquant une carence en azote durant le cycle de la culture.

Figure 2 : Détermination des points critiques

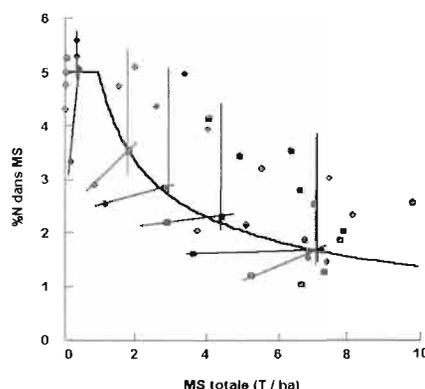
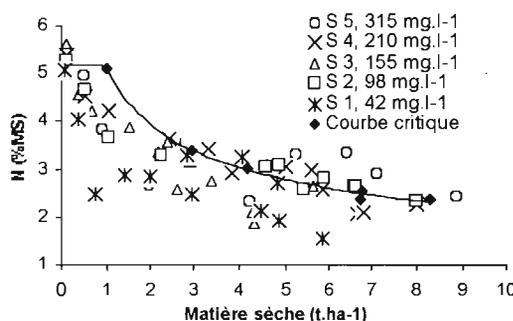


Figure 3 : Calcul de la courbe critique



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Greenwood D.J., Lemaire G., Gosse G., 1990, "Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass", *Annals of Botany* 66 (4) : 425-436.

Justes E., Mary B., Meynard J.M., Mached J.M., Huche-Thelie L., 1994, "Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops", *Annals of Botany* 74 : 397-407.

Le Bot J., Andriolo J.L., Gary C., Adamowicz S., Robin P., 1995, "Dynamics of N accumulation and growth of tomato plants in hydroponics : an analysis of vegetative and fruit compartments", *Diagnostic Procedures for crop N management*. (Poitiers, 22-23 novembre 1995), INRA éditions, Paris, 1997, Les colloques de l'INRA, 82, INRA éditions, Versailles.

Lemaire G., Gastal F., Plenet D., Le Bot J., 1996, "Le prélèvement d'azote par les peuplements végétaux et la production des cultures", *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes* (G. Lemaire et B. Nicolardot B. éd.), Les colloques de l'INRA, 83, INRA éditions, Versailles.

Lemaire G., Salette J., 1984, "Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude du milieu", *Agronomie* 4 (5) : 423-430.

Louvrier M., 1998, *Analyse des pratiques culturales des agriculteurs martiniquais pour la tomate*. DAA Sciences et techniques des productions végétales, INAPG.

Salette J., Lemaire G., 1981, "Sur la variation de la teneur en azote des Graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution", *Compte rendus de l'académie des Sciences*, Paris 292 : 875-878.

Tei F., Benincasa P., Guiducci M., 2001, "Determination of a critical nitrogen dilution curve for processing tomato", *Proceedings of the second International Modelling cropping systems*, ESA Division Agroclimatology And Agronomic Modelling-CNR-DISAT, Florence.

Ulrich A., 1952, "Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants", *Annual review of plant physiology*.

Choix entre les gourmands et les pétioles

Il existe une corrélation entre le taux de nitrates dans les pétioles et dans les gourmands. Il y a une différence peu marquée au niveau des coefficients de détermination des relations selon qu'il s'agisse du haut ou du bas de la plante. On peut noter également que l'amplitude de variation des taux de nitrates dans les pétioles est dans tous les cas (Lamentin et Carbet) supérieure à celle observée dans les gourmands. C'est donc le pétiole que l'on retiendra comme indicateur.

Conclusions

Une courbe critique de dilution de l'azote a été établie pour la tomate (%N = 5,1 x MS^{-0.37}). Cette courbe permet de séparer les situations de nutrition azotée satisfaisantes des situations déficientes en ce qui concerne l'accumulation de biomasse totale. Pour faciliter l'utilisation de cette courbe, des indicateurs ont été recherchés, le plus prometteur étant le taux de nitrates dans les pétioles. Cette mesure, qui peut se faire au champ, devrait permettre une optimisation de la fertilisation azotée.

Il restera à vérifier que l'utilisation de la courbe critique comme outil de gestion de la fertilisation garantit également un maintien des rendements et de la qualité de la production et ce pour des variétés, des climats et des sols différents. La dose d'azote à apporter après analyse de la courbe critique doit être précisée : quelle doit être la quantité d'azote à apporter pour passer d'un INN de 0,8 à un INN de 1 ? Enfin, il faudra améliorer nos connaissances sur la fourniture du sol en azote minéral.

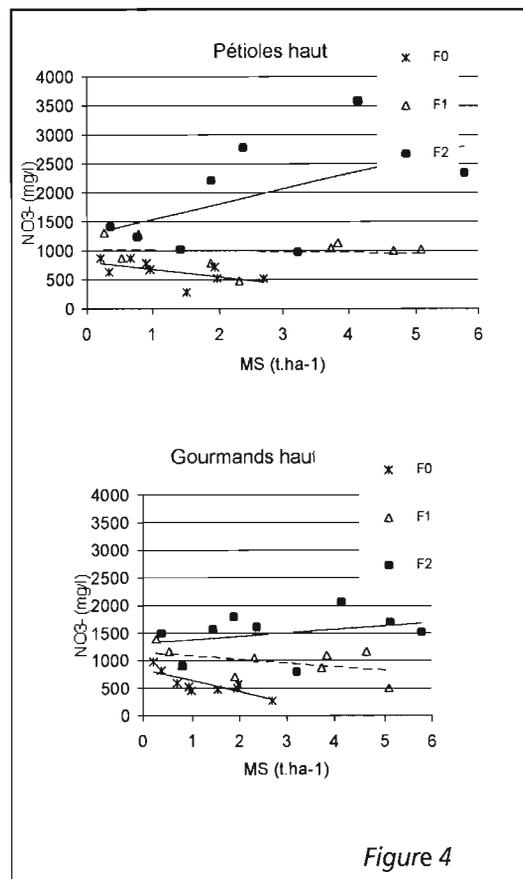


Figure 4

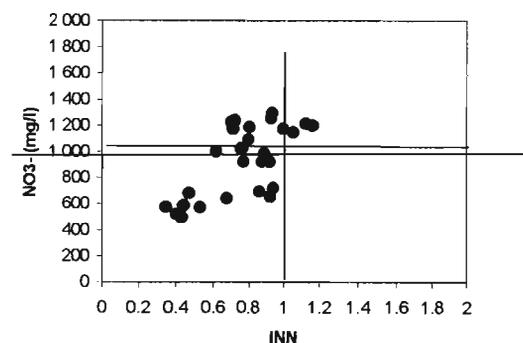


Figure 5 : INN et taux de nitrate dans les indicateurs

PRAIRIE

Christian Langlais
Line Raphaël
David Lahaye

CIRAD
e-mail : christian.langlais@cirad.fr


 PRAM

La production de type biologique à la Martinique : Evaluation du potentiel de développement

Philippe Le Coënt
Christian Langlais

L'agriculture martiniquaise est actuellement une agriculture très intensifiée, marquée notamment par la monoculture de la banane et une utilisation importante de fertilisants et de pesticides (cf. tableau 1). Ce type de pratiques agricoles entraîne une forte pression polluante sur le milieu qui se traduit depuis quelques années par des problèmes environnementaux de plus en plus préoccupants : présence de concentrations importantes de produits phytosanitaires dans les captages d'eau potable, présence de résidus de produits phytosanitaires dans les produits.

Dans ce contexte, les pouvoirs publics sont de plus en plus à la recherche de formes d'agriculture moins polluantes pour l'environnement et plus sûres pour le consommateur. Ainsi, les concepts d'agriculture raisonnée et d'agriculture biologique, aujourd'hui en fort développement en Europe, intéressent très fortement les décideurs de la Martinique.

Depuis quelques années, une poignée d'agriculteurs martiniquais s'est lancée dans l'agriculture biologique. La question est aujourd'hui de savoir si les exploitations en place sont viables et si d'autres agriculteurs sont prêts à convertir leurs exploitations en agriculture biologique. Le but de notre étude est donc de tenter d'évaluer, auprès des agriculteurs, les potentialités de développement de l'agriculture biologique à la Martinique.

Pour répondre à cette question, nous verrons tout d'abord dans quelle mesure le contexte actuel de la Martinique est favorable ou défavorable au développement de l'agriculture biologique. Puis la démarche mise place pour aborder la vision des agriculteurs sera présentée. Enfin, les premiers résultats issus du travail d'enquête auprès des agriculteurs biologiques seront décrits.

1 Le contexte de l'agriculture biologique à la Martinique : opportunités et obstacles à son développement

1.1 Définition de l'agriculture biologique à la française

En France, tout produit commercialisé en agriculture biologique est estampillé d'un label, propriété du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : le label AB (figure 2). Tout agriculteur qui veut bénéficier de ce label, et ainsi être reconnu comme agriculteur biologique, doit respecter les règles fixées par la législation française.

L'agriculture biologique respecte le sol, l'animal et donc l'homme. Son objectif est de produire des aliments exempts de polluants dans le respect de l'environnement.

Trois grandes règles concourent à définir un produit biologique :

- Les produits agricoles biologiques sont cultivés sans engrais ni pesticide issus de synthèse chimique, l'apport de certains engrais et pesticides d'origine organique étant toutefois autorisés.
- Les animaux sont nourris avec des aliments biologiques, sont soignés préférentiellement par homéopathie, phytothérapie, aromathérapie... et sont élevés dans des conditions garantissant l'accès au plein air, ainsi qu'un espace vital maximum.
- Tous les opérateurs intervenant dans la production biologique sont certifiés et font l'objet de contrôles réguliers par un organisme de contrôle indépendant et agréé par le ministère de l'agriculture.

1.2 L'agriculture biologique à la Martinique aujourd'hui : c'est quoi ?

Actuellement, l'agriculture biologique demeure sous une forme embryonnaire. Il existe six agriculteurs certifiés en agriculture biologique. Ils représentent une surface cumulée d'environ 18 ha. Ils ont des orientations de production très variées : deux producteurs de légumes frais, un producteur d'agrumes, un pépiniériste, un producteur de fleurs et volailles et un producteur de fleurs et vivrier. Jusqu'à ces derniers temps, il y avait un producteur de banane biologique, mais l'exploitation a déposé le bilan au mois d'avril 2002. Ces agriculteurs sont suivis par l'organisme de certification "Qualité France". Ils sont regroupés au sein d'une association qui rassemble une trentaine de membres : La Bio des Antilles. Ces membres sont des agriculteurs qui sont soit certifiés en agriculture biologique, soit en cours ou à la veille d'une reconversion en agriculture biologique. C'est à travers cette association que les agriculteurs négocient pour toucher les aides à l'agriculture biologique et se réunissent pour trouver les moyens de développer l'agriculture biologique à la Martinique.

1.3 Une prise en compte grandissante des pollutions d'origine agricole et un retard de l'agriculture biologique en France : un cadre institutionnel favorable.

1.3.1 De nombreuses aides à l'agriculture biologique

Aujourd'hui, après une cinquantaine d'années d'intensification de l'agriculture en France, de nombreux problèmes environnementaux apparaissent : pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau par les nitrates ou les produits phytosanitaires, fatigue des sols... La tendance actuelle est donc de favoriser le développement des formes d'agriculture moins polluantes pour l'environnement : agriculture raisonnée, agriculture biologique. De plus, la France, qui était un des pays pionniers du développement de l'agriculture biologique,

est aujourd'hui parmi les mauvais élèves au niveau européen. Les institutions politiques françaises et européennes ont par conséquent décidé de favoriser le développement de cette forme d'agriculture.

A la Martinique, le problème se pose avec d'autant plus d'acuité que l'on commence à constater que les pollutions d'origine agricole sont importantes. On assiste à des dépassements des normes de potabilité en matière de concentration de produits phytosanitaires dans les captages d'eaux potables, les stocks des sols en matière organique s'amenuisent très rapidement... Pour répondre à ces problèmes, une série de mesures ont été mises en place et notamment certaines visant à favoriser le développement de l'agriculture biologique en Martinique.

Jusqu'en 1999, il était prévu des aides à la conversion en agriculture biologique dans les mesures agri-environnementales européennes. Depuis l'apparition des CTE (contrats territoriaux d'exploitation), ces aides ont été intégrées dans cette nouvelle forme d'encouragement. L'association La Bio des Antilles et la DAF (Direction de l'Agriculture et de la Forêt) se sont concertées pour mettre au point un CTE Agriculture biologique. Il comprend une aide à la conversion en agriculture biologique (qui s'élève à environ 1 500 euros versés en cinq ans) ainsi qu'une autre série d'aides.

D'autre part, avec l'aide de la Chambre d'agriculture et de la DAF, l'association La Bio des Antilles a mis au point un programme sectoriel pour la période de 2000 à 2006. Ce programme prévoit que l'ODEADOM (Office de développement de l'économie agricole des départements d'Outre-Mer) finance différentes actions favorables au développement de l'agriculture biologique : financement de l'embauche d'un technicien à la Chambre d'agriculture pour encadrer les agriculteurs biologiques, financement d'un animateur pour l'association La Bio des Antilles, financement de missions d'un spécialiste européen en agriculture biologique...

La situation actuelle est donc particulièrement favorable au développement de l'agriculture biologique en Martinique. Malheureusement, ces aides sont très peu connues par les agriculteurs martiniquais et leur attribution pose de nombreux problèmes. L'apparition de ces aides financières a encouragé la mise en place d'un certain nombre d'exploitations en agriculture biologique mais ces difficultés subies par les agriculteurs lors de leur conversion ainsi que la fragilité des exploitations dans cette période critique rendent ces aides absolument indispensables. Or, bien que ces aides existent, leur paiement est souvent retardé, ce qui fragilise considérablement les exploitations. Ces retards n'encouragent pas les agriculteurs à se lancer dans l'agriculture biologique et font parfois perdre leur côté attrayant à ces aides.

1.3.2 Une association en faveur du développement de l'agriculture biologique

La Bio des Antilles est une association qui s'est donné pour mission de favoriser le développement de l'agriculture biologique en Martinique. Elle a notamment permis de regrouper les agriculteurs en conversion pour qu'ils fassent venir de France métropolitaine un seul contrôleur du même organisme de certification et qu'ils puissent partager les frais. D'autre part, l'association négocie directement avec les organisations professionnelles agricoles pour l'intérêt de tous les agriculteurs de l'association.

Mais l'association regroupe des agriculteurs qui ont des orientations de production très variées. Cette diversité de production, qui entraîne inévitablement une diversité d'intérêt, a jusqu'à présent empêché les agriculteurs de se regrouper pour les achats d'intrants ainsi que pour la vente des produits.

1.4 Un marché des produits biologiques qui reste flou

Aujourd'hui personne n'est capable de dire s'il existe un réel marché pour les produits biologiques en Martinique. Il est indéniable que les

consommateurs sont à la recherche de produits "sains" pour leur alimentation mais la question est de savoir s'ils sont prêts et capables de payer un surcoût pour des produits biologiques. Actuellement, les agriculteurs certifiés en agriculture biologique vendent leurs produits à une clientèle de proximité plus ou moins développée. Il n'existe pas de marché biologique où pourraient se confronter une offre naissante de produits biologiques et une demande jusqu'à présent non évaluée.

En Martinique, de nombreux agriculteurs se situent dans des démarches proches de l'agriculture biologique : agriculture traditionnelle, agriculture organique, jardin créole. En effet, d'après le recensement agricole de l'année 2000, 243 agriculteurs déclarent avoir une production de type biologique. Ces agriculteurs, qui sont dans des démarches intéressantes, pourraient constituer un pool d'agriculteurs susceptibles de se convertir à l'agriculture biologique dans les années à venir.

Cependant, la présence de ces agriculteurs peut avoir des effets pervers. En effet, ces agriculteurs, qui connaissent la démarche agriculture biologique et qui la refusent ou bien qui ne la connaissent pas, ne sont pas contrôlés sur leurs méthodes de production. Parmi eux se glissent certainement des agriculteurs qui disent pratiquer une agriculture de type biologique mais en réalité ne le font pas. Ces tricheries risquent de décrédibiliser l'ensemble de l'agriculture biologique auprès des consommateurs. Il est donc essentiel de développer l'information sur les exigences de l'agriculture biologique auprès de la profession agricole et auprès des consommateurs, et de mieux communiquer sur le label AB.

1.5 Quelles terres pour l'agriculture biologique ?

Pour que l'agriculture biologique se développe, de nombreuses questions liées aux terres qui pourraient être converties en agriculture biologique se posent.

Tout d'abord, il convient de se demander quels types de terres pourront être convertis en agriculture biologique. En effet, le cahier des charges de l'agriculture biologique comporte des exigences relatives à l'environnement et aux précédents culturels des parcelles certifiées. Étant donné les traitements phytosanitaires effectués sur bananeraie (fongicides pulvérisés par avion ou hélicoptère, application de nématicides et d'herbicides), il va falloir déterminer à quelle distance minimale d'une bananeraie une parcelle biologique peut être mise en place. De plus, étant donné la rémanence et la toxicité de certains produits, il va falloir déterminer s'il est possible, et après combien de temps, qu'une parcelle en agriculture biologique soit installée après une culture de banane. Comme la culture bananière représente actuellement un tiers de la surface agricole utilisée en Martinique, ces facteurs seront déterminants pour estimer les superficies qui pourront se convertir à l'agriculture biologique dans les années à venir.

D'autre part, l'agriculture biologique demandant de pratiquer des rotations et des jachères pour lutter contre les problèmes phytosanitaires, il est nécessaire que les surfaces possédées par les exploitants biologiques soient suffisantes. Or, à la Martinique, une majorité d'agriculteurs possèdent de très petites surfaces sur lesquelles cette pratique risque d'être difficile à mettre en place. Ainsi, on constate que, quelle que soit l'opinion que portent les agriculteurs sur l'agriculture biologique, les surfaces qui pourront se développer en agriculture biologique sont d'ores et déjà limitées.

1.6 Un climat favorable à de gros problèmes phytosanitaires

Une grande partie de la Martinique est soumise à un climat tropical humide. Ce climat, favorable au développement des plantes, est aussi favorable au développement des problèmes phytosanitaires (maladies, insectes) et des mauvaises herbes. Dans ces conditions, il peut s'avérer plus difficile que dans des conditions européennes de

développer des cultures de type biologique. On constate notamment que certaines cultures, de type intensif (banane) ou importées de milieu tempéré (tomate), sont soumises à de nombreuses attaques de parasites. Il s'agit d'un problème important auquel l'agriculture biologique devra faire face pour assurer son développement dans les zones tropicales.

Malgré un contexte politique relativement favorable, de nombreuses contraintes (foncier, marché et environnement) pèsent aujourd'hui sur le développement de l'agriculture biologique. La question est maintenant de savoir de quelle manière les agriculteurs se positionnent vis-à-vis de cette forme d'agriculture.

2 Présentation de la démarche

Pour répondre à cette question, l'étude consiste à mettre en place un travail d'enquête chez les agriculteurs. Il porte sur deux catégories d'agriculteurs : les agriculteurs certifiés en agriculture biologique et des maraîchers en agriculture conventionnelle.

2.1 L'enquête auprès des agriculteurs biologiques

La première enquête se fait auprès des six agriculteurs actuellement certifiés en agriculture biologique de la Martinique et a pour objectif d'identifier les motivations et les difficultés technico-économiques qu'ils rencontrent.

Des questions générales visent à déterminer les motivations qui ont poussé l'agriculteur à se lancer dans l'agriculture biologique. Puis on cherche à avoir une idée précise des pratiques mises en place par les agriculteurs et du fonctionnement global de l'exploitation. On tente autant que possible de déterminer à chaque fois en quoi les nouvelles pratiques mises en place suite à la conversion ont modifié le fonctionnement du système. L'ensemble de la méthode s'appuie très fortement sur l'Approche globale de l'exploitation agricole (Marshall, Bonneville & Francfort, 1994).

Elle comprend deux visites sur l'exploitation : une première pour aborder la position des agrobiologistes vis-à-vis de l'agriculture biologique et pour comprendre le fonctionnement de l'exploitation et une seconde pour déterminer les pratiques concrètement mises en place par les agriculteurs.

2.2 L'enquête auprès des agriculteurs en conventionnel

La deuxième série d'enquêtes porte sur des maraîchers en agriculture conventionnelle. On cherche ici à travailler sur une population d'une taille suffisante pour pouvoir effectuer un traitement statistique des données recueillies sur le terrain, c'est-à-dire avec une population d'environ 40 maraîchers.

L'enquête se centre sur les maraîchers pour plusieurs raisons. Tout d'abord, deux des agriculteurs biologiques, sur les six actuellement certifiés, sont exclusivement des maraîchers et deux autres exploitations développent une activité de maraîchage. Travailler sur des maraîchers en conventionnel permettra donc de comparer le fonctionnement des exploitations selon la forme d'agriculture mise en place (biologique ou conventionnelle). Ensuite, le maraîchage est une des plus importantes cultures de la Martinique (deuxième au niveau de la production en valeur et des surfaces utilisées d'après *Agreste 2000*). Enfin, il s'agit sans doute d'une production qui, dans sa forme actuelle (petites structures de production tenues par des exploitants individuels), peut le plus aisément se tourner vers l'agriculture biologique.

L'objectif de l'enquête est de tenter d'établir une typologie des agriculteurs en fonction de leur opinion vis-à-vis de l'agriculture biologique. On essaiera donc de présenter les diverses opinions des agriculteurs puis de les rapprocher statistiquement de divers éléments de l'exploitation (taille, quantités produites, type de pratiques) et de l'exploitant (âge, formation, réseau social). On pourra ainsi tenter de prévoir, à partir de données sur une exploitation, l'opinion probable de l'agriculteur sur l'agriculture biologique.

3 Les premiers résultats : des agriculteurs biologiques qui "essuient les plâtres".

3.1 Présentation des exploitations en agriculture biologique

Les productions des agriculteurs biologiques de la Martinique sont, comme nous l'avons vu précédemment, très variées. On peut cependant essayer de dégager des tendances sur ces exploitations.

Tout d'abord, leur conversion à l'agriculture biologique est très récente puisque tous les agriculteurs ont été certifiés ces deux dernières années. Pour le reste, on peut dire que cinq des exploitations sont apparentées alors qu'une des exploitations se trouve réellement à part : l'exploitation productrice d'agrumes.

En effet, cette exploitation est particulière car seulement 1,30 ha sur les 50 ha de l'exploitation sont en agriculture biologique. De plus, il s'agit d'une importante exploitation employant une vingtaine de salariés et qui existe depuis plusieurs dizaines d'années.

A l'opposé, les autres exploitations ont été intégralement converties en agriculture biologique. Ce sont des petites exploitations, d'une SAU de moins de 5 ha, qui utilisent généralement une main-d'œuvre familiale. Ce sont des agriculteurs qui se sont généralement installés de manière assez récente (quatre sur six depuis moins de dix ans) et qui avaient généralement pratiqué d'autres métiers par le passé (quatre sur six).

3.2 Les motivations qui ont poussé les agriculteurs biologiques à se lancer dans la démarche

Pour cinq des agriculteurs présents, la mise en place d'une agriculture biologique est le meilleur moyen d'être un acteur dans la protection de l'environnement. Comme disait l'un d'entre eux, "il ne suffit pas de dénoncer les problèmes environnementaux, il faut agir pour montrer comment leur apporter une solution".

Ils ont tous une conscience aiguë des problèmes environnementaux, de santé des consommateurs et de santé des agriculteurs liés à l'utilisation de produits phytosanitaires et dans une moindre mesure à celle des engrais.

On constate cependant que, pour au moins un des agriculteurs, la conversion à l'agriculture biologique constitue principalement un moyen de se positionner sur un marché potentiellement intéressant.

De nombreux agriculteurs biologiques sont également des consommateurs de leurs propres produits. L'envie de produire des produits "sains" pour sa famille joue aussi un rôle important dans le choix de passer à une agriculture exempte de produits chimiques.

Enfin, pour un des agriculteurs qui a développé une activité agri-touristique sur l'exploitation, l'agriculture biologique est un très bon moyen pour mettre en valeur son exploitation auprès de ses clients. Cette valorisation de l'image de l'agriculteur qui convertit son exploitation semble aussi importante pour les autres agriculteurs. Cela permet à l'exploitant de sortir du lot, d'attirer de nouveaux clients et de se défendre de l'image agriculteur/pollueur qui se développe actuellement.

3.3 Les problèmes rencontrés par les agriculteurs biologiques.

Du fait de la nouveauté de cette forme d'agriculture en Martinique, les problèmes rencontrés sont très nombreux.

- Pour tous les agriculteurs, il est très difficile de se procurer des intrants. Le terreau bio, les engrais bio, les produits phytosanitaires utilisables en agriculture biologique ne sont pas ou peu importés par les sociétés de vente d'engrais et de produits phytosanitaires de l'île car le marché de la vente de ces produits est actuellement extrêmement réduit. Par conséquent, les agriculteurs biologiques sont en lutte permanente pour se procurer les intrants dont ils ont besoin. De plus, du fait de la diversité de leurs productions, ils ont du mal à se grouper au sein

de l'association pour acheter des intrants biologiques. Par exemple, un des maraîchers a dû faire venir spécialement de métropole du terreau biologique par bateau. Il a dû faire venir 400 sacs de terreau pour que le fournisseur accepte de lui vendre les sacs à un prix au moins deux fois supérieur à celui pratiqué en France métropolitaine. Cette opération lui a coûté en tout plus de 15 000 euros.

- Des problèmes techniques limitent aussi fortement l'activité des agriculteurs. En effet, le manque de références en agriculture biologique en Martinique rend les agriculteurs bien souvent livrés à eux-mêmes. La lutte contre les mauvaises herbes est de loin le problème le plus difficile à résoudre mais les agriculteurs sont aussi confrontés à des problèmes de maladies et d'insectes contre lesquels les méthodes de lutte autorisées en agriculture biologique sont peu développées.

- L'agriculture biologique entraîne une augmentation importante des besoins en main-d'œuvre. Ils se font notamment sentir pour la gestion des mauvaises herbes qui se fait généralement en agriculture biologique par le sarclage manuel. Ce besoin est soit couvert par des temps de travail plus importants pour la main-d'œuvre familiale, soit par l'utilisation d'un plus grand nombre de salariés sur l'exploitation. Quoiqu'il en soit, cette augmentation de main-d'œuvre entraîne un important surcoût sur les produits.

- L'agriculture biologique coûte globalement plus cher que l'agriculture conventionnelle. Ceci ne constitue pas un problème quand les agriculteurs arrivent à trouver un circuit de commercialisation sûr pour vendre leurs produits à des prix respectant les surcoûts qu'ils subissent. Mais, dans le cas où ils sont confrontés à des problèmes de mévente et s'ils n'arrivent pas à vendre leurs produits plus chers qu'en agriculture conventionnelle, des problèmes économiques se posent.

3.4 Quelques éléments sur la filière agriculture biologique

3.4.1 La fourniture d'intrants

On constate qu'il existe plusieurs modèles. Certains agriculteurs achètent l'ensemble de leurs intrants à des fournisseurs (engrais organique, compost, produits phytosanitaires) avec les difficultés évoquées précédemment. D'autres agriculteurs, plus dans une démarche autarcique, produisent tout ou partie de leurs intrants : fumier à partir d'élevages présents sur l'exploitation, compost, préparations de produits végétaux pour lutter contre les maladies ou les insectes.

3.4.2 La commercialisation

Les circuits de commercialisation que l'agriculteur utilise sont très importants pour la survie de l'exploitation car ils impliquent des prix de vente et des régularités d'approvisionnement différents. Un des agriculteurs exporte 80% de ses fleurs biologiques. Ce marché, qui demande des approvisionnements réguliers à des prix intéressants, est très bénéfique à la santé de l'exploitation. Un autre agriculteur vend une grande partie de ses salades à des GMS (grandes et moyennes surfaces), une partie en vente directe et valorise une partie de ses produits grâce à la table d'hôte qu'il a mise en place sur l'exploitation. Ce système bien équilibré permet à cet agriculteur d'avoir un bon chiffre d'affaire. De même, un des agriculteurs, qui produit des plants d'arbres fruitiers rares à une clientèle bien établie de vente directe, s'en sort bien. Par contre, les deux agriculteurs qui s'en sortent le plus difficilement s'adressent soit à une clientèle de vente directe peu développée, soit à des revendeurs qui ne valorisent pas le bio.

En fait, on constate que deux modèles d'insertion dans la filière se dégagent.

- le modèle autarcique : production sans intrants venant de l'extérieur, vente directe à une petite clientèle de proximité ;

- le modèle extraverti : achat de l'ensemble des intrants et vente des produits à des acheteurs réguliers (exportation, GMS, bon réseau de vente directe). Ces deux types de modèles, quoique caricaturaux, se retrouvent dans l'échantillon de six agriculteurs biologiques de la Martinique ainsi que leurs dérivés. Même si le deuxième modèle semble être le plus intéressant économiquement, le premier modèle semble, lui, plus conforme à "l'esprit bio". Un panachage entre ces deux modèles, associant un bon réseau de commercialisation et une certaine autonomie au niveau des intrants (en développant l'élevage par exemple), est sans doute le modèle le plus intéressant.

Conclusion

Le développement de l'agriculture biologique en Martinique est pour l'instant très limité en Martinique. Malgré des mesures incitatives qui se développent, de nombreuses contraintes pèsent encore sur l'agriculture biologique. Mais la question est de savoir ce que pensent les agriculteurs de cette nouvelle forme d'agriculture. C'est dans cette optique que s'inscrit la démarche de l'étude en menant des enquêtes auprès d'agriculteurs biologiques et de maraîchers en conventionnel. Les premiers résultats révèlent que les motivations pour se lancer dans l'agriculture biologique ainsi que les contraintes rencontrées sont multiples. Ainsi, certains ont réussi à mettre en place un système qui fonctionne mais d'autres réagissent difficilement aux épreuves qu'ils rencontrent. Pour que l'agriculture biologique se développe en Martinique, il est donc nécessaire de créer des conditions plus favorables à son développement : mise en application du cadre incitatif à la disposition des agriculteurs biologiques, développement de l'information auprès des agriculteurs et des consommateurs... La recherche peut, elle aussi, jouer son rôle en participant à la mise au point de références en agriculture biologique qui manquent pour l'instant cruellement aux agriculteurs ■

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Martinique, 2001, Mémento de statistique agricole et rural 2000, Agreste.

Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Martinique, 2001, Guide pratique du CTE à la Martinique.

Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Martinique, 2002, Le contrat-type agriculture biologique, 2002, 91.

INRA, 2000, "L'agriculture biologique et l'INRA : vers un programme de recherche", INRA mensuel N° 104, mars-avril 2000.

Marshall E., Bonneville J.R., Francfort I., 1994, "Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole", ENESAD-SED.

Office de développement de l'économie agricole des départements d'Outre-Mer, 2001, "Agrément du programme sectoriel agriculture biologique à la Martinique", 41p.

Site internet : <http://www.ecocert.fr>



Figure 2 : Le logo "Agriculture Biologique" Français.

	Insecticides et nématicides	Fongicides	Herbicides
Ananas	5 tonnes environ (1)	négligeable	5,6 tonnes
Banancier	948 tonnes	45 tonnes (2)	213 tonnes
Canne à sucre	négligeable	négligeable	6,5 tonnes
Maraîchage	4,1 tonnes	3,1 tonnes	45 tonnes
Cultures fruitières	6 tonnes	1,2 tonnes	3,5 tonnes

Tableau 1 : Importance des marchés pesticides martiniquais en 1996.

Sources : SRPV, CTCS (canne à sucre), CIRAD (ananas, banancier, cultures fruitières), groupements de producteurs et sociétés phytosanitaires (banancier) (tableau mis au point par Ch. Chabrier et M. Dorel en 1996)

(1) Certains producteurs utilisent sur ananas des produits qui ne sont autorisés que sur banancier, et ce, à l'insu des distributeurs de pesticides et des services officiels. Seule une estimation est possible.
 (2) hors produits de traitement post-récolte (25 000 l. environ)

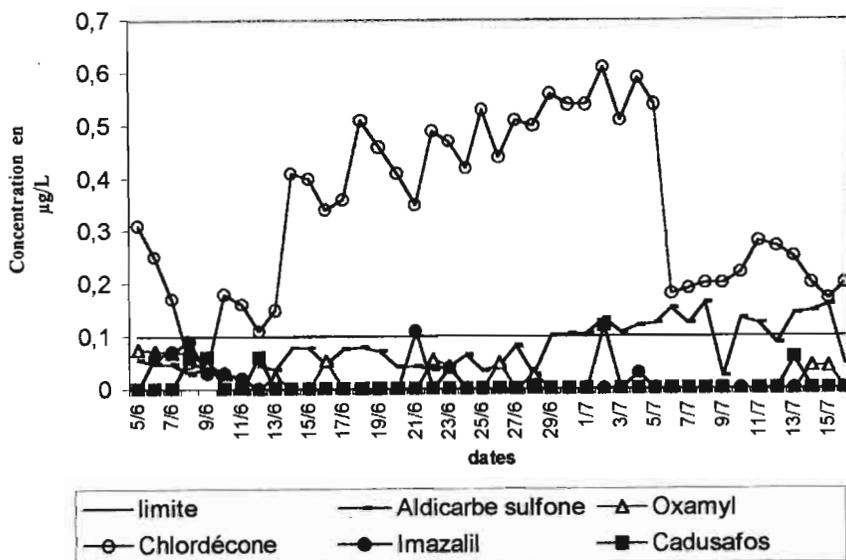


Figure 1 : Evolution des taux de produits phytosanitaires au point de prélèvement de Vivé dans le bassin versant de la Capot
 Source : DASS (Direction de l'Action Sanitaire et Sociale), 2000



Le contrôle des structures à la Martinique

Frédéric Saudubray

La mise en œuvre d'une politique de contrôle des structures est obligatoire au niveau de chaque département depuis la publication de la loi n°80-502 du 4 juillet 1980. Malgré cette obligation légale afférant à tout département, la Martinique ne s'est jamais dotée des outils nécessaires à la mise en œuvre d'une politique de contrôle des structures.

La nouvelle loi d'orientation agricole (loi n°99-574 du 9 juillet 1999) a redéfini les orientations politiques du gouvernement en terme de contrôle des structures. Chaque département doit donc maintenant mettre son schéma directeur départemental des structures en conformité avec cette nouvelle loi. Cette modification législative constitue une opportunité, au niveau de la Martinique, pour se conformer aux textes de lois et mettre en œuvre une véritable politique des structures agricoles.

1. LA PORTEE DU CONTROLE DES STRUCTURES

Le contrôle des structures concerne exclusivement la mise en valeur des biens fonciers ruraux au sein d'une exploitation agricole. Il a pour objet de régir la jouissance des biens et non le droit de propriété. Il est susceptible de s'appliquer à toute opération qui a pour conséquence de conférer un droit d'exploiter ou la jouissance effective d'un bien.

Concernant la définition de l'exploitation agricole, il s'agit, selon le Code rural, "de l'ensemble des unités de production mises en valeur directement ou indirectement par la même personne, quels qu'en soient le statut, la forme ou le mode d'organisation juridique".

De manière simplifiée, la mise en œuvre du contrôle des structures impose, au-delà de

certains seuils de surface (variables selon les cultures), de bénéficier d'une autorisation d'exploiter délivrée par les services déconcentrés de l'Etat. L'octroi de cette autorisation est déterminé par les outils et normes régissant le contrôle des structures

au niveau national

- les différents textes de lois,
- les coefficients à appliquer pour les productions hors-sol ;

au niveau départemental

- le Schéma Directeur Départemental des Structures (SDDS),
- l'unité de référence (UR),
- les coefficients déterminant l'intensité du contrôle :

- le seuil de déclenchement (entre 0,5 et 1,5 UR),

- la distance de séparation (minimum 5 km),

- le seuil de suppression ou démembrement d'une exploitation (entre 1/3 et 1 UR).

2. LE SCHEMA DIRECTEUR DEPARTEMENTAL DES STRUCTURES

Le Schéma directeur départemental des structures (SDDS) se présente à la fois comme un document d'orientation pour la mise en œuvre de la politique foncière et structurelle de l'agriculture et comme un document de référence pour la mise en œuvre du contrôle des structures. Etabli à l'échelon local, il a pour but de permettre l'adaptation des grandes orientations de la politique foncière de l'Etat aux réalités départementales de l'agriculture.

De manière simplifiée, le SDDS comprend deux parties :

- une partie spécifiant les orientations : elles doivent permettre de répondre à une demande unique d'exploiter ;
- une partie déclinant les priorités : elles doivent

permettre de répondre à des demandes d'exploiter multiples.

3. L'UNITE DE REFERENCE

DEFINITION DE L'UNITE DE REFERENCE (UR)

L'unité de référence a été définie par la loi n°99-574 du 9 juillet 1999 pour se substituer à la surface minimum d'installation (SMI) pour le déclenchement du contrôle des structures. Elle correspond à "la surface qui permet d'assurer la viabilité de l'exploitation compte tenu de la nature des cultures et des ateliers de production hors sol ainsi que des autres activités agricoles". Elle est fixée par l'autorité administrative (le Préfet), après avis de la Commission départementale d'orientation agricole (CDOA).

NOTION DE VIABILITE CONSIDEREE

La notion de viabilité d'une exploitation agricole est toujours délicate à manipuler. En effet, différentes interprétations peuvent être données selon la discipline considérée : économie, sociologie, environnement, etc.

Dans le cas du contrôle des structures, deux notions ont été prises en compte :

- La notion fondamentale qui a été prise en compte est une considération économique. Dans ce cas, la viabilité implique à la fois l'assurance d'un revenu décent au producteur et la sécurisation des sources de revenu du système de production agricole face aux aléas du marché et aux incertitudes qui pèsent sur les aides directes.

De manière plus concrète, la viabilité économique a été assimilée à un niveau de revenu. Dans un premier temps, le niveau de 9.910 € par an et par Unité de travail annuelle familiale (UTAF) a été retenu. Ce montant a été déterminé par comparaison avec le SMIC et le RMI

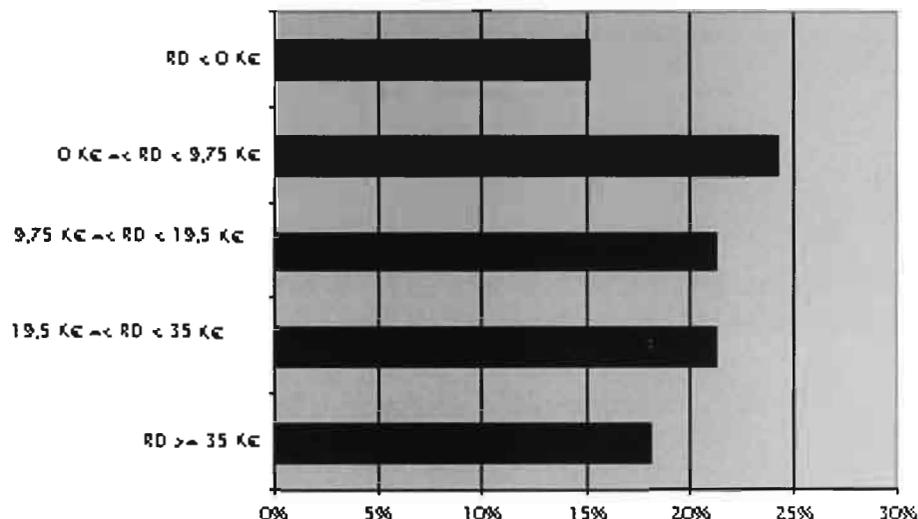
(pour une famille avec trois enfants). Ceci revenait à prendre en compte un coût d'opportunité du travail (notion de revenu décent). Finalement, après échanges avec les représentants du monde agricole, ce seuil a été porté à 15 250 € par an afin d'intégrer (de manière intuitive en terme d'estimation monétaire) la notion de risques liés aux aléas naturels, aux caractéristiques du marché, etc.

- Une considération environnementale a également été prise en compte (à un degré moindre) en introduisant la notion de reproductibilité environnementale des écosystèmes liés aux exploitations. Concrètement, cette notion a été introduite via la définition des systèmes de production qui ont servi à l'élaboration du modèle. Par exemple, pour la production de banane, le système "jachère + vitro plant" a été retenu du fait de l'intérêt qu'il représente pour la lutte contre les nématodes (utilisation moindre de nématicide, reconstitution de la faune et de la flore du sol...).

DETERMINATION DE L'UNITE DE REFERENCE POLY-CULTURE-ELEVAGE

Sa détermination est relativement simple puisqu'elle est fixée, pour chaque région naturelle du département, par référence à la moyenne des installations encouragées au titre de l'article L.33061 au cours des cinq dernières années. Toutefois, se référer à une telle moyenne implique d'accepter l'hypothèse suivante : les installations encouragées ont engendré la création d'exploitations agricoles viables avec un revenu proche du seuil de viabilité. Il est donc nécessaire, avant de se référer à une telle moyenne, de vérifier que cette hypothèse est fondée. Pour cela une analyse des résultats économiques d'un échantillon d'installations aidées a été réalisée. Cette étude portait sur 33 exploitations agricoles. La répartition des exploitations agricoles par tranche de revenu est présentée dans la figure 1.

Figure 1 : Répartition des exploitations agricoles par tranche de revenu



En 1999, le revenu disponible moyen par UTAF pour les exploitations agricoles qui ont bénéficié de la D.J.A. entre 1995 et 1999 était égal à 13 400 €.

Ce niveau de résultat moyen étant proche du seuil de viabilité retenu dans le cadre du contrôle des structures (15 250 €), il a alors été décidé et cela même si les revenus constatés sont très variables, de valider l'hypothèse implicite et donc de se baser sur la moyenne des installations encouragées au titre de l'article L.33061 au cours des cinq dernières années pour déterminer l'UR "polyculture-élevage". L'analyse des dossiers administratifs a permis de calculer la surface moyenne des 86 installations aidées entre 1995 et 1999, soit 6,83 ha. (CF figure 2). L'UR polyculture-élevage proposée est donc 7 ha.

DETERMINATION DES UNITES DE REFERENCE POUR LES PRINCIPALES PRODUCTIONS

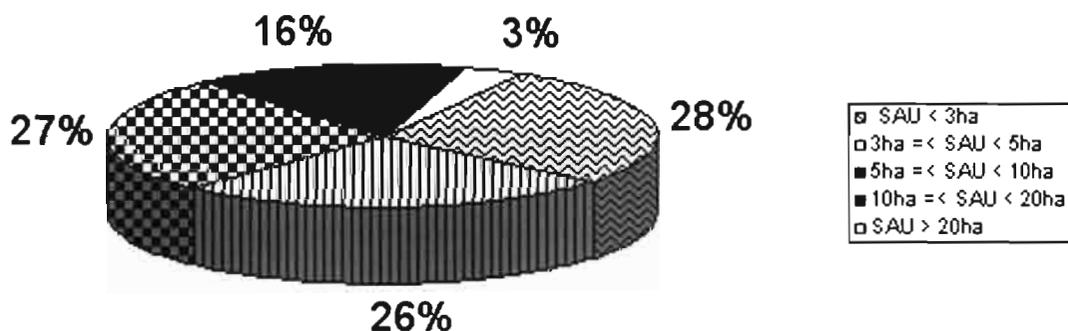
Méthode utilisée

La détermination des UR ne nécessite pas des calculs "très précis" puisqu'il s'agit d'évaluer une surface moyenne pour un type de production donné sans intégrer toutes les variables pouvant modifier les résultats économiques. Un modèle linéaire simple a donc été utilisé :

$$RD = [(MB/ha - CDha - ATp/ha) * SAU] - [CDexp + ATnp]$$

- RD = Revenu disponible
- MB = Marge Brute
- CD = Charges à déduire
 - CDha : Charges proportionnelles
 - CDexp : Charges non proportionnelles
- AT = Annuités d'emprunts long et moyen terme
 - Atp = Annuités d'emprunts long et moyen terme pour les investissements proportionnels
 - ATnp = Annuités d'emprunts long et moyen terme pour

Figure 2 : Installations aidées 1995-1999. SAU des exploitations



les investissements non proportionnels

A ce niveau, il est important de noter que la validité de ce modèle est déterminée par deux critères principaux :

- La taille de l'exploitation : il est clair qu'une telle relation linéaire peut être considérée vraie uniquement pour un intervalle de surface restreint (principalement du fait des effets de seuils au niveau des charges fixes). A titre d'illustration, pour la banane irriguée, le modèle a été établi pour des exploitations comprises entre 5 et 9 ha.

- Le type d'exploitation : pour une même surface, plusieurs types d'exploitations peuvent être considérés. Par exemple, pour la canne à sucre et dans la catégorie "petite exploitation" (< 10 ha), on peut trouver deux types d'exploitations différents : le type "colonage avec réalisation des travaux manuellement" et le type "fermage avec appel à prestataire de service". Bien évidemment, à chaque type correspond un modèle différent.

Le département de la Martinique ne disposant pas d'un référentiel technico-économique très élaboré, les données ont été recueillies auprès de différents experts (représentants de la Chambre d'agriculture, de la DAF, de diffé-

rents groupements, des coopératives, organismes de recherche, etc.). Un des avantages de cette méthode aux dires des experts est qu'elle permet un échange permanent avec les représentants des différentes institutions du monde agricole. La définition des unités de référence (ainsi que le SDDS, d'ailleurs) se fait donc en partenariat.

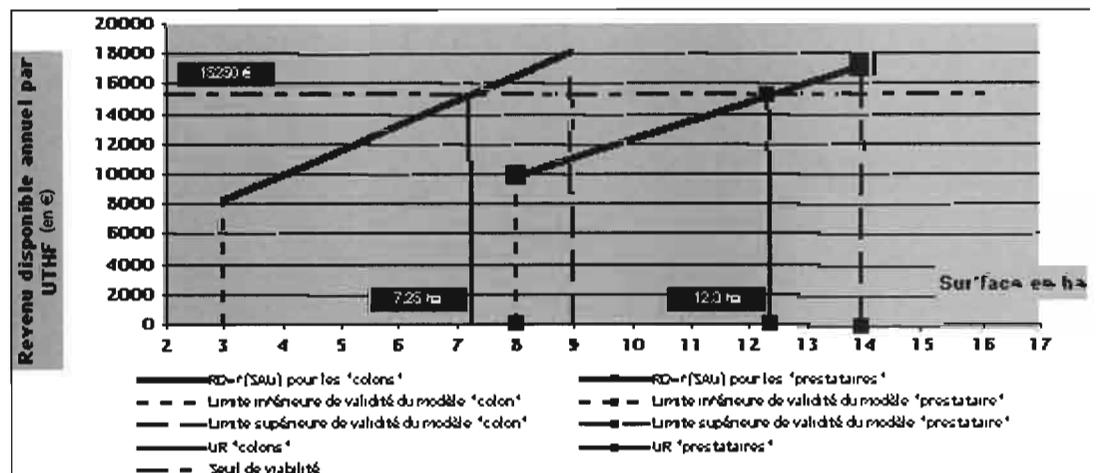
Exemple de la banane irriguée

Après récolte des données économiques auprès des différents experts considérés (lorsque les montants variaient, un montant moyen a été pris en compte), les résultats suivants ont été obtenus :

- Pour les exploitations ayant une SAU comprise entre 5 et 9 ha, on obtient l'équation suivante : $RD = 2975 * 5/6 * SAU - 3810$
- Soit pour un RD = 15 250 euros, une UR "banane irriguée" = 7,69 ha.
- Le coefficient de 5/6 s'explique par la prise en compte de la notion de reproductibilité qui s'est traduite par la considération d'un système de production intégrant un an de jachère entre deux plantations.

L'unité de référence "banane irriguée" proposée est donc 7,5 ha.

Figure 3 :
Détermination de l'UR canne à sucre



Exemple de la canne à sucre
On distingue quatre types d'exploitations cannières en Martinique :

- Les "colons" dont les principales caractéristiques sont : colonage (ou métayage), main-d'œuvre familiale, petite surface, équipements très limités, récolte manuelle, cannes non brûlées, adhérents à une CUMA ;
- Les "prestataires" dont les principales caractéristiques sont : petites et moyennes exploitations qui font appel à des prestataires de service pour la réalisation des travaux mécaniques ;
- Les exploitations semi-mécanisées ;
- Les exploitations mécanisées.

Pour le calcul de l'unité de référence, les deux derniers types d'exploitations n'ont pas été retenus car ce sont généralement des exploitations de plus de 50 ha (cf figure 3).

Les résultats obtenus sont les suivants :
 Cet exemple de détermination des unités de référence pour la canne à sucre met bien en évidence l'importance de la définition du système de production à considérer. Pour une même culture et pour des catégories de surface équivalentes, les résultats peuvent être très différents selon le type d'exploitations.

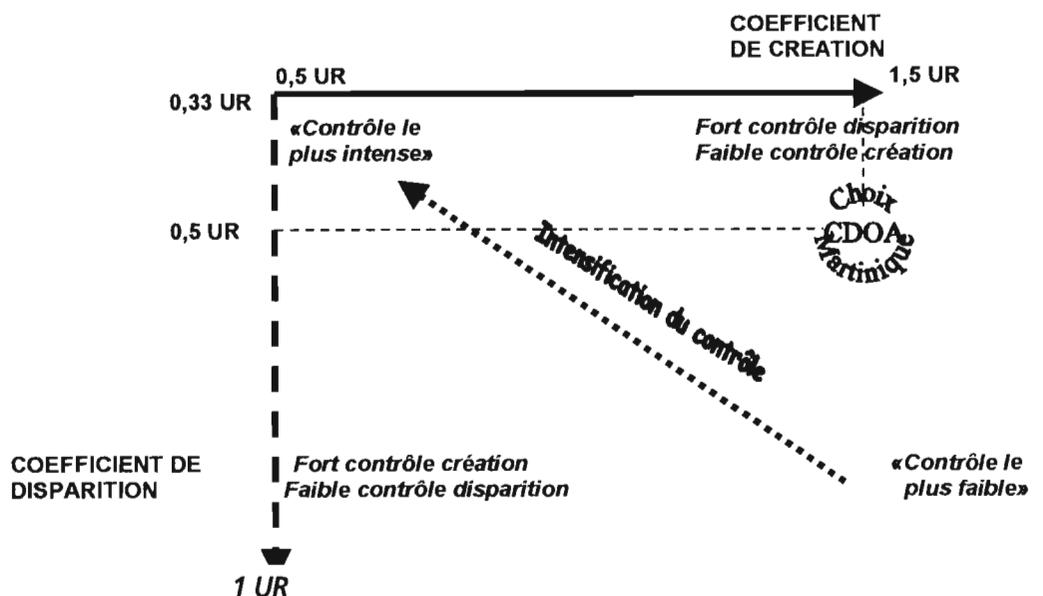
4. LES COEFFICIENTS A APPLIQUER A L'UNITE DE REFERENCE : L'INTENSITE DU CONTROLE

Après avoir répété cet exercice une vingtaine de fois pour déterminer les unités de référence pour chaque production ou système de production identifié en Martinique, les responsables agricoles martiniquais ont dû déterminer les coefficients à appliquer à cette unité de référence pour déclencher le contrôle des structures.

En effet, afin que les responsables agricoles locaux puissent adapter le contrôle aux contraintes locales, le législateur a défini deux coefficients :

- "Le seuil de création" : il y a contrôle lorsque l'installation, l'agrandissement ou la réunion d'exploitations a pour effet la mise en valeur par une ou plusieurs personnes physiques ou morales d'une exploitation agricole d'une superficie supérieure au seuil fixé par le SDDS. Ce seuil de déclenchement est compris entre 0,5 et 1,5 fois l'UR.
- "Le seuil de disparition" : le contrôle s'applique à toutes opérations d'installation, d'agrandissement ou réunion d'exploitation

Figure 4 : Coefficient de disparition



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Dictionnaire Permanent *Entreprise Agricole*.
2. Bonnet J.-P., 1981, Schémas directeurs départementaux des structures, emploi et développement régional, Rev. CENAG, mars-avril 1981, 25 p.
3. Cotton G., 1981, *Le schéma directeur départemental des structures agricoles*, RD rur., 233 p.
4. Gilardeau J.-M., 1999, *Contrôle des structures : l'éternel recommencement*, RD rur., 355 p.

ayant pour conséquence de supprimer une exploitation agricole d'une superficie qui excède un seuil fixé par le SDDS et compris entre 0,33 et 1 UR (cf. figure 4).

Le choix de ces seuils permet alors de définir l'intensité du contrôle à mettre en œuvre.

En Martinique, le dernier Recensement général agricole (RGA) a montré que l'évolution du nombre d'exploitations agricoles était caractérisée par une forte disparition des petites exploitations agricoles et une quasi-absence de concentration des terres au niveau des grandes exploitations. C'est pourquoi, les membres de la Commission départementale d'orientation agricole (CDOA) ont proposé de mettre en œuvre un contrôle relativement important au niveau de la disparition des exploitations agricoles (coefficient de disparition = 0,5 UR) et un contrôle faible au niveau de la "création" (agrandissement, installation ou réunion) des exploitations agricoles (coefficient de création = 1,5 UR).

Un autre seuil qui doit être défini au niveau local est la distance de séparation. En effet, le SDDS détermine, dans le cas d'agrandissement ou de réunions d'exploitations, la distance maximum pouvant séparer ce qui est adjoint ou réuni au siège de l'exploitation du demandeur. En Martinique, les représentants du monde agricole ont décidé de ne pas vraiment considérer ce coefficient et l'ont fixé égal à 50 km.

CONCLUSION

Cette étude préliminaire à la définition du SDDS a été l'occasion de nombreux échanges entre les différents acteurs du monde agricole : agriculteurs, représentants des syndicats, administration, recherche, etc. Suite à ces échanges, une première proposition de SDDS a été validée par la CDOA et par le Conseil Général.

Toutefois, certains représentants professionnels du monde agricole ont, par la suite, demandé à ce que des modifications soient apportées. Ces nouvelles propositions sont actuellement analysées et les décisions finales concernant le SDDS devraient être prises au cours du dernier trimestre 2002. ■



PRANI

Frédéric Saudubray

CENAGREF

Unité de recherche

"Production et économie agricoles"

e-mail : cemagref@sasi.fr

Analyse de l'évolution du foncier agricole

Application d'une méthode d'analyse spatio-temporelle multi-critères

Claude SCHERER

Depuis une vingtaine d'années, la Martinique est entrée dans une logique spatiale qui va dans le sens d'une densification toujours plus forte de l'occupation de l'espace. On a assisté au développement de processus d'appropriation individuelle de la terre, socialement sélectifs et spatialement tranchés, qui se sont traduits par l'exacerbation de phénomènes comme le mitage et la péri-urbanisation. Dans un tel contexte les espaces agricoles ont connu un certain nombre de changements. Déstructuration, augmentation des superficies en friches, morcellement et disparition d'exploitations sont des constats récurrents qui, outre le fait d'être liés aux interactions entre phénomènes économiques, sociaux, culturels et politiques, sont avant tout la transcription dans l'espace du "malaise" que connaît actuellement le foncier agricole. Or, en ce qui concerne le foncier agricole, les réflexions coordonnées et à long terme sont peu nombreuses. Pourtant, la situation actuelle de saturation de l'espace nécessite en elle-même une mobilisation de la recherche-développement partout où il se doit (Bailly & Béguin, 1996). Ces propos sont d'autant plus justifiés en Martinique que la sensibilisation des pouvoirs publics (Colloque sur le foncier agricole, 2000) et des acteurs du monde agricole (Welter, 2001) s'est grandement accrue ces dernières années. C'est en tenant compte de

l'ensemble de ces considérations que nous avons développé une étude visant à comprendre, en Martinique, l'évolution de la dynamique foncière agricole et ses déterminants.

Ce travail étant dans une phase préliminaire, nous nous engageons ici à décrire les caractéristiques majeures de la situation foncière agricole en Martinique puis à présenter l'intérêt ainsi que les modalités de l'étude entreprise.

1. L'évolution du foncier agricole en Martinique

Il existe un certain nombre de constats que l'on peut faire et qui ont le mérite de relater, avec beaucoup de justesse, les grands traits de l'évolution du secteur agricole et de sa relation à l'espace.

• Les exploitations

Durant les trois dernières décennies, le nombre des exploitations a été divisé par 3,2. Cette évolution est très significative pour la période 1989-2000, où près de 50% des exploitations ont disparu, alors que pour les périodes intercensitaires précédentes, 73-81 et 81-89, ce pourcentage est respectivement de 21,5% et de 21% [figure 1].

• La Surface Agricole Utile

Depuis 1973, sur les 34 communes martiniquaises, 13 ont perdu plus de 50% de leur Surface Agricole Utile (SAU) et 14 accusent des pertes supérieures à 20%. Seule la commune de Grand Rivière présente un bilan positif : +9%. Ce cas est atypique et s'explique essentiellement par :

- l'isolement géographique de la commune,
- la faible pression urbaine : la population a chuté de 32% en 27 ans (INSEE, 1999),
- un phénomène de reconquête d'anciennes friches agricoles.

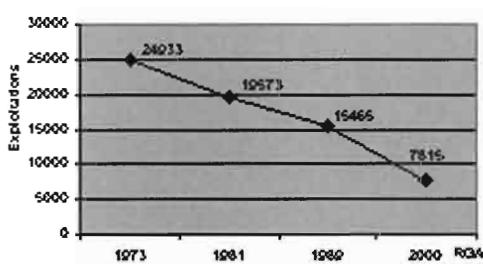
En valeur absolue, la diminution de la SAU au cours des trente dernières années concerne des surfaces de l'ordre de 19 000 ha. Toutefois, depuis 1995, il semblerait que cette évolution ait tendance à perdre de la vigueur : on observe une stabilisation de la SAU aux alentours de 32 000 ha [figure 2]. S'agit-il d'un véritable changement de la dynamique jusqu'alors en cours ? Cette hypothèse est des plus fragiles. En

Sources : RGA 73/2000, DAF Martinique.

Réalisation : Scherer C., Cemagref, U.R. "Production et économie agricoles", avril 2002.

Figure 1 : Evolution du nombre d'exploitations.
Sources : Données Agreste 2001, DAF Martinique.
Sources : RGA 73/2000, DAF Martinique.

effet, le faible recul temporel par rapport à l'évolution constatée appelle en lui-même à la modération.



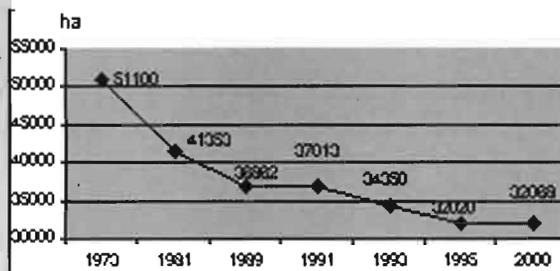
tations [figure 3]. En effet, 71% des exploitations de moins de 5 ha en 1973 ont disparu en 2000 (les exploitations de moins de 1 ha étant touchées à hauteur de 79%), alors que le nombre des exploitations de plus de 5 ha demeure pour sa part relativement stable.

• **Bien d'autres phénomènes potentiellement inquiétants**

- L'âge avancé des agriculteurs : 60% ont aujourd'hui plus de 50 ans (RGA 2000).
- Parallèlement, le nombre de jeunes agriculteurs est faible : 28 installations aidées par l'Etat en 1999 et 60 dossiers déposés en 2000 [La statistique agricole annuelle, 1999].
- Les questions d'héritages occasionnent la mise en indivision de toujours plus de surfaces (12% de la SAU en 1999).
- Les occupations illégales sont nombreuses et la spéculation foncière des propriétaires est courante.

- Il existe un certain nombre d'outils et d'opérateurs pour l'espace agricole. Leurs actions sont, somme toute, fort limitées. Les Plans d'occupation des sols (POS) par exemple, dont l'objet est de planifier et d'orienter l'usage de l'espace au niveau communal, n'ont pas réussi à résister à la pression des besoins exprimés par des intérêts particuliers (Hartog, 1992). La situation n'est apparemment pas meilleure en ce qui concerne l'application du Schéma d'Aménagement Rural dont la mise en place retardée empêche l'identification des enjeux de politiques foncières et donc de la pré-

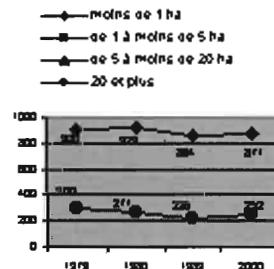
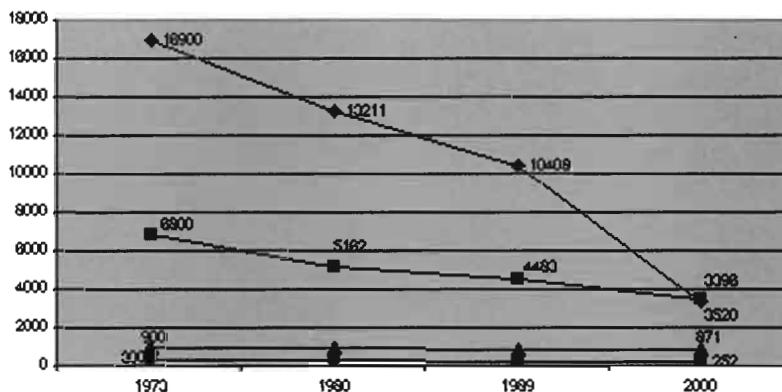
Figure 2 : Evolution de la SAU
Source : Agreste 73-2000.
Service de la Statistique. DAF.



• **Quel bilan ?**

Depuis 1973, la SAU a perdu un peu plus du tiers de sa superficie alors que durant le même laps de temps, le nombre des exploitations a chuté de 70%. Il est quelque peu paradoxal de constater que la période durant laquelle le nombre d'exploitations baisse le plus correspond à celle durant laquelle la SAU diminue le moins. Si le doublement de la taille moyenne de la SAU par exploitation, de 2 ha en 1973 à 4 ha en 2000, révèle un phénomène de concentration des terres, celui-ci reste toutefois de dimension modeste. La meilleure explication est à chercher dans l'analyse de l'évolution structurelle des exploi-

Figure 3 : Evolution du nombre d'exploitations agricoles de 1973 à 2000.
Sources : Données DAF Martinique, RAG 73/80/89/00.



servation des espaces agricoles (Saudubray, 2000). Que dire encore des difficultés de fonctionnement de la Société d'aménagement foncier des espaces ruraux (SAFER) dont la part des acquisitions reste très limitée : 23 hectares seulement en 1999.

En résumé, dans un contexte insulaire qui est non seulement marqué par le phénomène des grandes exploitations héritées de l'économie coloniale, mais également par divers enjeux spatiaux très forts, la question du foncier agricole est un problème majeur. Elle est d'autant plus préoccupante que la densification des occupations des espaces, et des espaces agricoles notamment, rime dangereusement avec la fragilisation des milieux et l'inorganisation spatiale.

2. Intérêt et modalités de la recherche

La recherche que nous proposons se positionne au sein d'une problématique sociale globale qui pose la question, dans le contexte martiniquais, de l'évolution (maintien, récession ou développement) des espaces agricoles de demain : y aura-t-il de l'espace pour l'agriculture en Martinique ? Cette question se justifie d'autant plus qu'elle correspond à des préoccupations analogues dans d'autres DOM – Guadeloupe, Réunion – et d'autres îles de la Caraïbe.

Par rapport à ce contexte général, nos investigations portent sur une pierre d'achoppement dont la compréhension est indispensable : l'évolution de la dynamique foncière agricole par l'analyse des usages du foncier agricole. Pour parvenir à cet objectif, il est nécessaire de saisir non seulement les modifications spatiales, mais également les processus et événements qui animent et structurent l'espace agricole. La démarche mise en œuvre devra donc parvenir à décrypter les déterminants naturels, sociaux et économiques des principes d'organisation spatiale du foncier agricole. On procèdera par

l'identification des caractéristiques des éléments impliqués et par l'analyse du jeu des interactions complexes qui existent entre eux.

Si certaines disciplines scientifiques (agronomie, économie...) ont largement traité le sujet du foncier agricole, il y a un certain nombre d'années, les travaux récents sont plus rares et développent des analyses dont les approches se passent généralement soit à l'échelle macro, soit à l'échelle micro. On peut citer, en métropole, les recherches de Morardet (1994) qui, par l'analyse des pratiques et des stratégies foncières des agriculteurs, a pu démontrer qu'il existait une relation forte entre les stratégies foncières et les finalités des systèmes familles-exploitations / approche micro-économique de l'exploitation.

En géographie humaine, notre discipline, qui se distingue par l'aspect spatial selon lequel elle étudie l'objet (Bailly & Béguin, 1996), les travaux de recherche sur le foncier agricole sont peu nombreux. Les possibilités d'analyses géographiques, et en particulier des méthodes d'analyse spatiale sur l'évolution du foncier agricole, méritent donc d'être explorées afin de mettre au service de l'interdisciplinarité ses compétences scientifiques.

Le propre de l'analyse spatiale est de privilégier une méthode hypothético-déductive qui nous renseigne sur l'évolution ainsi que sur la structure de l'organisation d'un territoire : les grands changements spatiaux. Les hypothèses peuvent être validées par la mise en œuvre d'un SIG (système d'information géographique) : construction d'un modèle d'organisation spatiale de type graphique (Gautier, 1997). Toutefois ce type de modèle basé sur l'observation de phénomènes (soit des macro-déterminants) qui influencent la répartition des grandes composantes spatiales, ne nous apporte pas directement d'informations sur les processus et les événements qui ont amené aux modifications spatiales foncières.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bailly A., Béguin H., 1996, *Introduction à la géographie humaine*, Paris, Armand Colin, 201 p.

Direction de l'Agriculture et de la Forêt, 1973-2000, *Recensement agricole. Martinique. Principaux résultats. Analyses & études*, Versions RGA 1973, 1981, 1989 et 2000.

Direction de l'Agriculture et de la Forêt, 1999, *La statistique agricole annuelle. Département Martinique*.

Gautier D., 1997, La prise en compte des dynamiques spatiales pour modéliser la mise en valeur des espaces ruraux, INRA SAD – Montpellier, GIP RECLUS, 6 p.

Hartog T, 1992, "La crise spatiale d'un petit territoire insulaire : l'exemple de la Martinique", Université des Antilles et de la Guyane.

INSEE, 1999, *Recensement de la population en Martinique*.

Morardet S., 1994, *Pratiques et stratégies foncières des agriculteurs. Un outil d'analyse pour l'aménagement des zones fragiles*, Etude du CEMAGREF, série Gestion des Territoires n°14, 292 p.

Napoleone C., 2001, Note de synthèse sur le diagnostic foncier en Corse, CEMAGREF, 3 p.

Saudubray F., 2000, Le Schéma directeur départemental des structures (S.D.D.S.). Le contexte martiniquais & Définition générale, Unité de Recherche « Production et Economie Agricoles », Cemagref Martinique, 34 p.

Welter P., 2001, Martinique et Guadeloupe : de fausses jumelles, Campagnes Solidaires, mensuel de la Confédération Paysanne, 2 p.

La recherche de déterminants relatifs à l'évolution du foncier agricole peut se faire par la déclinaison de l'analyse spatiale à différentes échelles (la commune, la parcelle...) afin de considérer l'évolution du foncier agricole, et sous la forme d'unités spatiales et en tant qu' "élément socio-économique dont la nature évolue avec la société qui le détient" (Napoleone, 2001). La recherche d'éléments de natures socio-économiques sous-entend une analyse multi-critères, sur les usages par exemple, menée aussi bien à l'échelle de la parcelle (définition de micro-déterminants : caractéristiques naturelles, type de mise en valeur, caractéristiques sociales et économiques de l'agriculteur...) qu'à l'échelle de son environnement (définition de macro-déterminants : autres acteurs, agricoles ou non agricoles, leurs actions...).

L'association, conjointe dans la démarche, d'une analyse spatiale, et d'une analyse multi-critères peut permettre de développer une méthode originale pour appréhender les principaux déterminants de l'évolution du foncier agricole en plaçant le cœur de la recherche au niveau de l'interface espace / acteurs.

En ce qui concerne les outils et les techniques d'analyse spatiale nous insistons sur l'intérêt scientifique croissant en ce qui concerne la combinaison de divers outils d'analyse cartographique (SIG, orthophotoplans, traitements d'images satellitaires).

Par rapport aux questions sur le devenir des espaces agricoles, cette combinaison constitue une richesse certaine pour l'élaboration de cartes et d'outils permettant non seulement d'expliquer, mais également de comparer, d'analyser et de communiquer des informations (voir de constituer des scénarios prospectifs sur le court terme). Il s'agit donc d'un apport non négligeable qui dans le cadre de la gestion du territoire se doit d'être développé et conforté afin de pouvoir considérer le plus justement possible les dynamiques en cours et anticiper ainsi sur les orientations politiques et

économiques de demain.

Notre proposition vise à répondre aux questions suivantes :

- Comment appréhender l'évolution, quantitative (en terme de surfaces) et qualitative (les usages) du foncier agricole ? Quelle est-elle ? Quelle est sa répartition, sa distribution et la structuration de l'espace qui en résulte ?
- Quels sont les déterminants (macro et micro) des changements d'usages des parcelles ? Quelles sont les dynamiques et les processus à l'œuvre ?

Par rapport aux études existantes son originalité provient :

- du croisement entre une approche spatiale à plusieurs échelles et une approche temporelle avec deux pas de temps – un pas de temps relativement "court" (5-6 ans) et un pas de temps "long" (échelle d'une génération) ;
- de la considération d'attributs liés à l'utilisateur pour caractériser les parcelles ;
- de la prise en compte d'attributs liés à la société et de ses dynamiques pour caractériser le foncier agricole. ■



Modèle de production de plants d'agrumes pour la Caraïbe

Yves Bertin
Reynald Goudin
Christine Pigeat
Clovel Pancarte
Nina Chantry

Les agrumes occupent 550 ha de vergers en Martinique. Les agriculteurs et les particuliers se sont approvisionnés en plants chez de petits pépiniéristes bien souvent dépourvus de qualification. Ce même problème se retrouvant dans un grand nombre de pays de la Caraïbe, il était donc utile de proposer un modèle de pépinière performant et adapté aux conditions particulières de ces îles. L'évolution de la situation phytosanitaire de la zone, qui a vu, depuis quelques années, se développer le virus de la Tristeza, a été déterminante pour mener une réflexion particulière sur la multiplication des agrumes. En effet, si la Tristeza est maintenant présente, des maladies graves telles que le Huanglongbing, le CVC, le Chancre citrique sont totalement absentes. Il est donc important d'éviter leur introduction et leur diffusion.

Dans ce contexte, le CIRAD-FLHOR en Martinique a réalisé une pépinière en poursuivant trois objectifs principaux :

- diffuser aux agriculteurs des plants dont les qualités variétales et sanitaires sont irréprochables ;
- développer une unité de production dont le modèle peut être transposable chez d'autres pépiniéristes martiniquais mais aussi dans les pays de la zone ;
- améliorer les techniques de multiplication et les diffuser par le moyen de cycles de formation aux pépiniéristes intéressés.

Réalisation

Les aménagements généraux et les structures

La taille du dispositif a été ajustée pour une production annuelle de 15 000 plants d'agrumes par an. Pour éviter tout risque de diffusion de maladie par les insectes, tout le processus de

multiplication est effectué sous cage insect-proof. La superficie totale de la pépinière est de 4 000 m². L'ensemble est clôturé.

Avant d'entreprendre la construction des tunnels de protection, on a procédé à l'aménagement de la parcelle. Celle-ci a été soigneusement nivelée, des fossés de 1,20 m de profondeur ont été creusés de part et d'autre des emplacements de futures serres. Le sol a été profilé et compacté pour faciliter la circulation des eaux de surface, puis stabilisé par des enrochements. La finition a été faite par un apport de gravier fin de 3-4 cm d'épaisseur. Dans les fossés, on a installé des drains plastiques qui ont été recouverts ensuite par un géo-textile (pour éviter le colmatage par des boues). Enfin les fossés ont été partiellement comblés avec du gravier grossier. Avant construction des tunnels, on a recouvert les superficies à couvrir par une toile de sol épaisse pour isoler les conteneurs du sol. Ces aménagements relativement onéreux sont particulièrement souhaitables en climat tropical humide et permettent d'évacuer des pluviométries élevées (> 50 mm/h).

On a ensuite monté quatre serres-tunnels (L 50 m, l : 9,20 m). Ces tunnels ont été recouverts par une toile plastique à maille très fine (< 0,5 mm) mais très résistante, retenue tout autour par enfouissement dans le sol ou le gravier des fossés. Un sas à deux portes, également protégé par la même toile, a été aménagé aux entrées des tunnels.

Les matériels spécifiques utilisés, rationalisation des opérations

Afin de rationaliser au mieux les travaux mais également pour en réduire la pénibilité et le coût, on a recherché du matériel existant mais on en a également conçu de nouveaux.

On a choisi des conteneurs carrés de 3,5 l ce qui

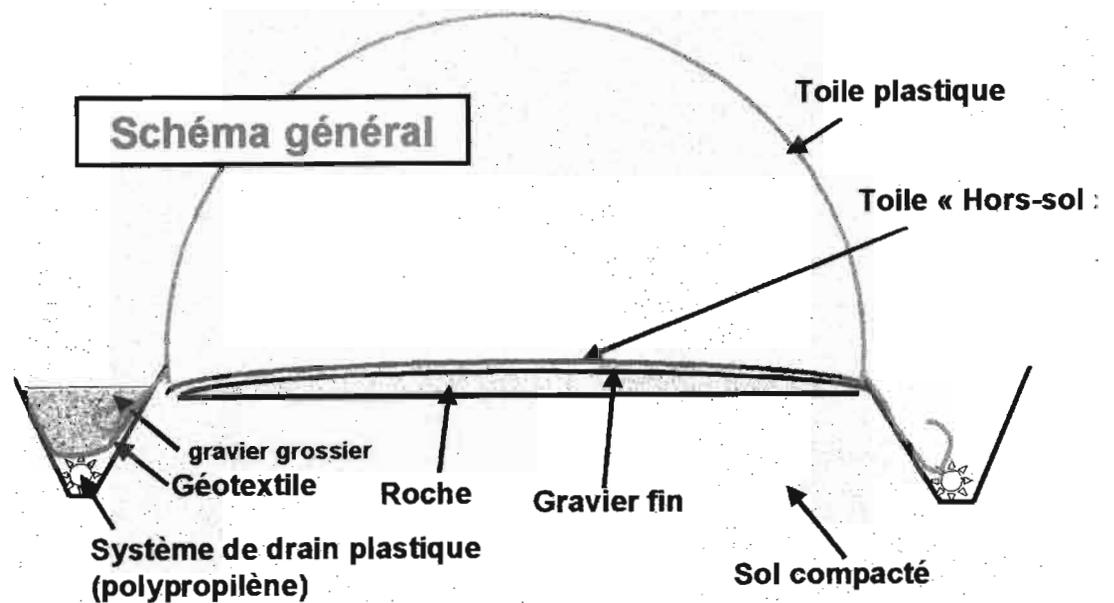


Figure 1 : Aménagement et structure des tunnels.

permet un meilleur agencement dans les tunnels et un gain de place de 30% par rapport à des pots ronds de même contenance. Les conteneurs sont ensuite acheminés dans les serres par des nacelles suspendues à des rails.

L'irrigation est apportée par aspersion classique avec deux rampes par serre équipées de mini sprinklers tous les 4 m. La mise en place d'un système de fertirrigation est en cours.

Les structures créées et le souci permanent d'amélioration ont permis de mener quelques expérimentations, axées dans un premier temps sur la qualité des mélanges terreux et le désherbage. Concernant les mélanges terreux, après différentes comparaisons, un mélange très drainant a finalement été adopté : il est composé de tourbe blonde (60%) et de ponce volcanique (40%). Le désherbage intervient lourdement dans le prix de revient de plants lorsqu'un mélange avec de la terre franche est utilisé. Des essais d'herbicides et de paillage du sol ont donné des résultats intéressants. L'utilisation de l'Oryzalin (Surflan) a donné de bons résultats en pré-émergence avant repiquage. Un paillis (mulch) de 3 cm d'épaisseur avec des déchets de bois broyés (palettes perdues) permet de réduire le coût du désherbage de 60%.

La démarche qualité du matériel végétal

La conception de ce modèle donne une priorité absolue à la certification du matériel végétal

qui se décline sous trois aspects : qualité sanitaire, authenticité variétale, traçabilité. Sur les quatre tunnels installés, une unité est entièrement consacrée à la réserve du matériel végétal destinée à fournir les greffons pour les productions de plants, les trois autres sont destinées à la production.

Réserve de matériel végétal

Ce tunnel comporte 400 conteneurs de 35 litres destinés à cultiver les pieds-mères. Tout le processus de multiplication se fait à l'intérieur de cette enceinte à l'abri des insectes. Les porte-greffes sont semés en bac de semis dans un milieu désinfecté puis transplantés dans les conteneurs également remplis d'un mélange terreux désinfecté. Au moment du greffage, les greffons sont importés de la station de recherche agronomique INRA-CIRAD de Corse. Cette station distribue un matériel végétal rigoureusement contrôlé et certifié indemne de toute maladie connue. Les plants sont ensuite élevés et le prélèvement de greffons peut commencer environ un an après mise en culture. Chaque plant est identifié par une étiquette donnant le nom et le numéro de la variété et la localisation du plant. Des précautions rigoureuses sont appliquées pour le maintien de l'état sanitaire : des pièges jaunes sont disposés pour dépister l'entrée accidentelle d'insectes ; aucune intervention sur les arbres ne se fait sans

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Communications présentées à l'Atelier régional sur la situation phytosanitaire des Agrumes dans la Caraïbe (CIRAD Guadeloupe, 28 novembre - 1er décembre 2000).

Etienne J., Quilici S., Marival D., Franck A. : Contrôle biologique de *Diaphorina citri* (Hem. Psyllidae) à la Réunion et en Guadeloupe au moyen de *Tamarixia radiata* (Hym. Eulophyidae).

Bertin Y., Goudin R., Coranson R., Pancarte C., Poliakoff F. : La Tristeza des Agrumes dans la Caraïbe : cas particulier de la Martinique.

Urbino C. : Le diagnostic du CTV par le test d'immuno-empreinte et son application dans les enquêtes épidémiologiques en Guadeloupe.

Bové J.-M., Garnier M. : Récents progrès chez les bactéries à paroi des agrumes localisées dans les faisceaux vasculaires : *Xylella fastidiosa* et les liberobactères, protéobactéries, pathogènes des plantes.

Vernière C. : Le chancre bactérien des agrumes : une menace pour la Caraïbe ?

Vernière C. : Les programmes d'assainissement et de certification : une part active dans la prévention contre les maladies.

Bertrand P., Bertin Y. : Schéma d'amélioration de la qualité des plants fruitiers en Martinique : application de la norme CAC sur les plants d'agrumes.

une désinfection soigneuse des outils à l'eau de javel ; un dépistage systématique de la Tristeza (CTV) est effectué deux fois par an ; le sol de l'enceinte est nettoyé régulièrement. Le parc à bois (réserve de pieds-mères) est renouvelé par tiers tous les ans pour éviter tout risque d'infestation accidentelle mais aussi pour permettre un renouvellement variétal si la demande évolue.

Authenticité variétale et traçabilité

L'authenticité variétale est préservée, d'une part, lors de l'introduction des greffons du parc à bois qui proviennent des collections de la SRA (Station de recherches agronomiques, Corse) qui ont fait l'objet de nombreuses observations et contrôles, puis par un étiquetage individuel dans le parc à bois. Au cas où un incident pathologique surviendrait sur les plants issus de ce matériel végétal, un système d'étiquetage a été mis en place permettant une bonne traçabilité. Ainsi, à tout moment, il est possible de reprendre la facture de livraison de manière à savoir sur quel pied-mère les greffons ont été prélevés et ensuite remonter à l'arbre d'origine en Corse.

Suivi de la qualité dans les serres de production

Dans les trois tunnels de production, on applique les mêmes précautions sanitaires que dans le parc à bois : pièges jaunes pour les insectes, désinfection des outils, propreté rigoureuse. Le contrôle de la Tristeza par immuno-empreinte ne peut être effectué que partiellement pour des raisons de coût. Un contrôle régulier est effectué pendant les douze mois d'élevage des plants sur 10% de la population. Les qualités agronomiques du plant font également l'objet de soins attentifs. La veille s'applique en particulier à la forme des racines au moment du repiquage des semis ; à la hauteur du greffage qui se fait à 30 cm de haut minimum ; à une nutrition équilibrée et enfin à la forme du plant greffé.

Suite à la réalisation de ce modèle, une réflexion a été entamée avec la profession et les pouvoirs publics pour appliquer dans les départements d'outre-mer français la législation sur la

certification des plants d'agrumes. Compte tenu du retard technique de nombreux pépiniéristes, une première législation va être appliquée : la Conformité agronomique communautaire (CAC). Cette norme de commercialisation est un palier avant l'application de la véritable certification qui interviendra dans un délai rapproché. Cette certification existe déjà en Corse selon un cahier des charges mis au point par l'INRA, le CIRAD et le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL).

Conclusions

Le CIRAD en Martinique a conçu un modèle de pépinière adapté aux conditions générales de nombreux pays de la zone Caraïbe. Ce modèle adapté à des productions de faible volume accorde une importance particulière à la qualité et à la certification du matériel végétal produit. Cette démarche semble répondre à une demande permanente des professionnels aussi bien martiniquais que caribéens qui se manifeste par des formations ou des fournitures de matériel végétal. L'outil, par ses innovations, permet également de réduire les coûts de production ainsi que la pénibilité du travail. Enfin, les installations permettent d'effectuer en milieu réel des expérimentations en vue de l'amélioration des techniques de multiplication des agrumes en zone tropicale humide. ■



**Yves Bertin, Reynald Goudin,
Christine Pigeat, Clovel Pancarte,
Nina Chantry**

CIRAD-FLHOR
e-mail: name@cirad.fr

Développer des méthodes de lutte alternatives contre les parasites internes des petits ruminants : une nécessité pour l'élevage

François Leimbache,
Maurice Mahieu
Nathalie Mandonnet

Les parasitoses internes provoquent des maladies majeures chez les petits ruminants élevés à l'herbe. Leur prévalence est proche de 100% en région tropicale où elles constituent un frein considérable à l'élevage et en particulier dans les Tropiques humides. Elles sont généralement considérées, à tort, comme des problèmes exclusivement vétérinaires. Les travaux menés par l'INRA, aux Antilles, montrent que la réduction des pertes de productivité sérieuses engendrées dans les troupeaux relève de mesures et de techniques de conduite d'élevage dans leur ensemble.

Quelles espèces parasitent les petits ruminants aux Antilles ?

Les petits ruminants sont surtout affectés par des strongles gastro-intestinaux (SGI), par des cestodes, *Moniezia spp.*, vers plats de la famille des ténias, et par des protozoaires, parasites intra-cellulaires de la paroi intestinale, coccidies du genre *Eimeria*. Trois espèces principales de SGI parasitent les ovins et les caprins et provoquent l'essentiel des pertes économiques (Leimbacher & Liabeuf, 1984) :

- *Haemonchus contortus* (vers "mirliton") est le parasite le plus important, en fréquence et pour les pertes occasionnées. Les adultes mesurent 10-20 mm (M) et 18-30 mm (F). Ils vivent dans la caillette et se nourrissent de sang.

- *Trichostrongylus colubriformis* vit dans l'intestin grêle. Les adultes sont longs de 4 à 7 mm. Il perturbe l'absorption intestinale des nutriments.

- *Oesophagostomum columbianum*. Les adultes sont longs de 12-17 mm (M) et 14-22 mm (F). Il vit dans la lumière du côlon. Ses larves infestantes s'enkystent dans la paroi intestinale, formant des nodules de la taille d'un grain de riz.

Ce que l'éleveur subit.

L'impact du parasitisme sur la production ovine en zone tropicale est estimé, au minimum, à une baisse de fertilité de 10%, à 38% de mortalité supplémentaire avant sevrage et à une diminution de 60% de la productivité pondérale à un an (Baker *et al.*, 1999). Chez les Caprins Créoles de Guadeloupe, les mortalités avant sevrage varient mais sont toujours pénalisantes pour la productivité du troupeau. En croissance post-sevrage, l'agression due aux SGI entraîne une perte de poids à 300 jours de 20% par rapport au potentiel qui est de 17,5 kg environ (Mandonnet *et al.*, 2001b). La productivité du troupeau en post-sevrage est réduite d'un tiers quand on considère également la mortalité induite.

Le parasitisme gastro-intestinal se traduit pour le mouton ou la chèvre par :

- de l'anémie pour les animaux parasités par des espèces hématophages (*Haemonchus contortus*),
- des carences en fer et en sels minéraux dues aux hémorragies et à une perméabilité accrue des muqueuses digestives,
- un amaigrissement et un affaiblissement général, provoqués par une baisse d'appétit et une mauvaise digestion pouvant entraîner la mort.

Comment vivent les strongles gastro-intestinaux ?

Le cycle de développement comprend une phase exogène, de l'œuf à la larve infestante, qui correspond au 3ème stade larvaire (L3) et une seconde phase du cycle, endogène, ou phase parasitaire, à l'intérieur de l'hôte définitif où la L3 ingérée mue en L4 dans la muqueuse du tube digestif, puis se transforme en adulte. Les adultes sexués, s'accouplent et produisent



des œufs qui sont évacués dans le milieu extérieur avec les fèces. Sur le sol, l'œuf incube et éclôt en libérant une L3 qui migre sur l'herbe vers le sommet des feuilles ; ceci lui permet d'être ingérée par les herbivores. Dans les conditions climatiques des Petites Antilles, la phase externe dure environ 7-10 jours. La période prépatente (entre l'ingestion des premières L3 et le rejet des premiers œufs) dure environ trois semaines. Ainsi la durée minimum d'un cycle complet est de quatre semaines environ. La quantité d'œufs produits par un vers femelle est très importante (plus de 10 000/jour). Un mouton ou une chèvre peut héberger plusieurs milliers de parasites ! La longévité individuelle des parasites est mal connue mais peut atteindre plusieurs mois.

Pourquoi le risque parasitaire est-il plus ou moins important sur le pâturage ?

Le risque d'infestation parasitaire, ou pression parasitaire, exprime la probabilité d'ingestion des larves infestantes par le petit ruminant. Il est estimé par le nombre de L3 par kg de fourrage ingérable. Plus cette valeur sera élevée, plus le risque d'infestation sera important pour l'animal.

Plusieurs facteurs déterminent le nombre de L3 par kg de fourrage :

- La densité d'œufs rejetés par les animaux déjà parasités. Cette densité dépend des quantités de fèces rejetées par chaque animal et de leur teneur en œufs de parasites exprimée en "œuf par gramme de fèces" (OPG), ainsi que du nombre d'animaux à l'hectare (chargement). En élevage intensif, plusieurs dizaines de millions d'œufs peuvent être déposés à l'hectare pendant la durée de pâturage d'une parcelle.
- Le taux d'évolution des œufs en larves infestantes. Il dépend pour l'essentiel de l'humidité et de la température. Les larves sont détruites

par les rayonnements ultraviolets et par la sécheresse. Elles sont aussi victimes de prédation (nématodes du sol, champignons prédateurs, etc.).

- La survie des larves infestantes. Dans un premier temps, la population de L3 croît avec l'éclosion des œufs et le développement des larves est étalé sur une durée au moins égale à la durée du dépôt des œufs par les animaux (figure 1). Leur densité est maximale environ deux à trois semaines après la sortie des animaux. Elle décroît ensuite avec la mortalité liée à l'épuisement des réserves (les L3 ne se nourrissent pas) et à l'action des agents du milieu. La hauteur de l'herbe et l'irrigation sont deux facteurs influençant fortement la survie des L3, en procurant des abris contre les rayons solaires et en diminuant les risques de dessèchement. Cette évolution de la population des L3 a conduit à recommander le pâturage tournant pour les petits ruminants, avec au minimum quatre semaines entre deux passages d'animaux, et au plus un séjour d'une semaine au même endroit.

Par ailleurs, les conditions climatiques saisonnières sont plus ou moins favorables à une espèce parasitaire par rapport à une autre. Ainsi *Haemonchus contortus* et *Oesophagostomum columbianum* sont relativement favorisés en période chaude et humide, alors que *Trichostrongylus colubriformis* est moins sensible à la sécheresse et aux basses températures, et sera prédominant pendant le carême en zone sèche.

Pourquoi la sensibilité aux SGI chez les petits ruminants est-elle variable ?

La régulation des phénomènes immunitaires gastro-intestinaux est assurée par le thymus, lui-même sous contrôle de l'hypothalamus et des gonades. Ces dépendances sont sources de modulations de la sensibilité aux SGI. La protection immunitaire des jeunes contre les

SGI ne se met en place que progressivement jusqu'à l'âge de six à sept mois. Aucune protection spécifique n'est apportée par le colostrum ou le lait de la mère. Les jeunes ruminants sont donc les individus les plus sensibles du troupeau et c'est à ce stade que les effets néfastes du parasitisme sont les plus visibles.

La sensibilité aux parasites varie suivant le sexe ou l'état physiologique. Bien qu'ordinairement plus résistantes que les mâles, les femelles subissent une immunodépression temporaire en fin de gestation et au cours de la lactation. L'explication est à rechercher dans les régulations hormonales du système immunitaire. Le déséquilibre nutritionnel engendré par la lactation aggrave ce phénomène.

Des conduites d'élevage contraignantes conditionnent très sérieusement la sensibilité aux helminthes : les carences en minéraux, le stress, certains traitements médicamenteux (corticoïdes...) et la sous-alimentation notamment qui aggravent considérablement les effets du parasitisme.

Des variabilités inter- et intra- races dans l'efficacité de la réponse immunitaire aux SGI sont potentiellement exploitables en élevage. Il existe des races naturellement plus résistantes à certains parasites. Par exemple, la supériorité en terme de résistance génétique aux SGI a été démontrée pour le Mouton Martinik par rapport à la race INRA 401 (Aumont, communication personnelle). Baker *et al.* (1999) conseillent aux éleveurs de mettre à profit les capacités de leurs races locales, plutôt que de "céder aux charmes" d'une race exotique parfois mieux conformée, mais moins productive au final.

Pour une même race, toutes autres conditions égales, la résistance aux SGI varie aussi d'un individu à l'autre. Les premiers travaux de mise en évidence de cette variabilité, d'origine génétique, dans la réponse au parasitisme, ont été conduits et mis en application en Australie et Nouvelle Zélande pour les ovins. Ces travaux montrent qu'une augmentation du potentiel génétique de résistance ne va pas à l'encontre

du potentiel de croissance des animaux. L'amélioration génétique est donc une voie prometteuse d'augmentation durable de la résistance de l'hôte. Cette nouvelle possibilité devrait être prise en compte par les éleveurs dans les programmes de sélection des petits ruminants.

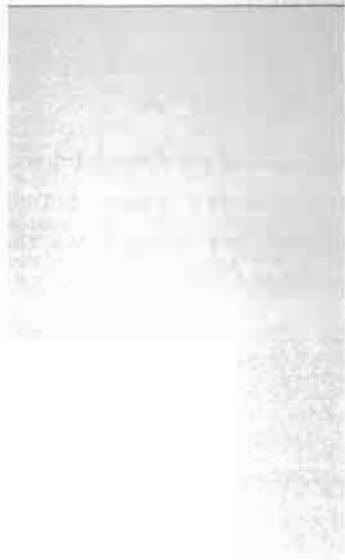
Comment maîtriser le parasitisme gastro-intestinal ?

Les anthelminthiques sont, avec le pâturage tournant, le moyen de lutte le plus employé, mais ces méthodes classiques montrent leurs limites.

1. Les médicaments antiparasitaires ne sont pas la panacée

Partout où les anthelminthiques ont été employés intensivement, des souches de parasites résistantes se sont généralisées au bout de quelques années. En Martinique, par exemple, *Haemonchus contortus* est devenu résistant aux benzimidazoles dès 1985, après sept ans d'utilisation intensive basée sur des traitements mensuels (Bastien *et al.* 1991). Il en a été de même pour l'ivermectine après dix ans d'utilisation. Ces résultats ont été confirmés ultérieurement (Leimbacher, 1999). En Guadeloupe, l'apparition de souches d'*Haemonchus contortus* résistant à l'ivermectine et de *Trichostrongylus colubriformis* résistant au lévamisole a souligné la gravité du phénomène (il ne restait qu'une molécule active sur les deux espèces : la moxidectine).

Le problème a pu être jugulé sur le domaine expérimental INRA de Gardel par substitution des populations parasitaires par des souches sensibles, mais cette technique très lourde n'est pas accessible à la plupart des éleveurs. Diminuer la vitesse d'apparition de souches parasitaires résistantes aux anthelminthiques passe par une diminution de leur emploi, pour permettre la survie d'une population de SGI



sensibles. Il faut alors abandonner les pratiques de traitement systématiques sur tous les animaux d'un troupeau, au profit de traitements ciblés des animaux les plus touchés par les SGI (jeunes, femelles à la mise-bas et en début de lactation).

Par ailleurs, certains médicaments employés pour lutter contre les SGI ne sont pas dégradés totalement et conservent une activité notable dans les fèces. C'est le cas de l'ivermectine, largement utilisée depuis une dizaine d'années, qui est toxique pour les arthropodes (tiques, araignées, insectes). Son emploi généralisé peut entraîner la disparition des insectes coprophages, ce qui risque de perturber gravement le recyclage de la matière organique des fèces (Lumaret et Kadiri, 1998).

Enfin, le coût de l'utilisation des anthelminthiques est d'autant plus important dans l'économie de l'élevage que leur usage est systématique (donc souvent inutile) et que leur efficacité diminue. Il est donc nécessaire d'adopter des techniques de contrôle du parasitisme qui tirent parti de l'évolution des connaissances que nous avons acquises sur la biologie des parasites et sur leurs relations avec leurs hôtes.

2. Il faut limiter les contacts entre les parasites et leurs hôtes potentiels

Les recherches effectuées durant les années 90 en Martinique (collaboration INRA-Conseil Général/SECI) ont montré qu'on peut réduire le niveau d'infestation des petits ruminants de plusieurs manières.

En faisant pâturer simultanément (pâturage mixte) des petits ruminants et des bovins (insensibles aux espèces parasitant les petits ruminants), on provoque une dilution des larves infestantes sur le pâturage. Les ovins (ou caprins) ingéreront moins de L3 et seront moins affectés. Les gains de production peuvent dépasser 10%, sans coût supplémentaire (Mahieu *et al.*, 1997). Le bénéfice de l'association sera d'autant plus grand que le rapport entre les effectifs des petits ruminants et des bovins sera faible.

En faisant pâturer alternativement deux troupeaux, l'un résistant (bovins), l'autre sensible (petits ruminants), on peut concilier l'exploitation d'un fourrage de qualité (trois semaines de repousse), tout en allongeant considérablement le délai entre deux séjours des animaux sensibles sur la même parcelle (sept semaines), ce qui permet d'abaisser considérablement le niveau d'infestation du pâturage (figure 2), et d'augmenter la production animale (Mahieu *et al.*, 2002).

Dans les deux cas, la mesure de l'hématocrite montre une diminution nette des effets négatifs de l'infestation par *Haemonchus contortus*, puisque les agneaux associés aux bovins, en pâturage mixte comme en pâturage alternatif, sont toujours moins anémiés que les témoins.

Enfin, l'élevage hors-sol des animaux les plus sensibles (engraissement d'agneaux ou de chevreaux) les met à l'abri des SGI, du moins si les parcelles de fauche ne sont pas contaminées par d'autres petits ruminants (mais d'autres parasites, comme les coccidies, peuvent alors être favorisés).

3. Il faut augmenter les défenses naturelles de l'hôte

Les nombreuses tentatives de mise au point de vaccin n'ont pas abouti à ce jour. En revanche, les effets favorables d'une alimentation équilibrée sont démontrés sur la résistance des petits ruminants. Ainsi, la complémentation des mères, depuis la fin de gestation, contribue à atténuer leur pic d'excrétion d'œufs de strongles, autour du part. La contamination de leur portée, alors très sensible, est moins intense. De même, une complémentation protéique des jeunes leur permet de mieux supporter les effets du parasitisme et de renforcer leurs défenses immunitaires.

Ainsi, une voie durable d'augmentation de la résistance de l'hôte passe par l'amélioration génétique. La possibilité d'une sélection a été démontrée dans le troupeau expérimental de Caprins Créoles de l'INRA Gardel (Mandonnet *et al.*, 2001a). Avec une bonne efficacité, l'excré-

tion d'œufs de strongles pourrait être réduite chez les chevreaux en post-sevrage (héritabilité égale à 0,37 à 10 mois d'âge) et chez les mères autour du part (héritabilité de 0,14 un mois après la mise bas). Des bénéfices économiques sont attendus de l'introduction du caractère de résistance dans un schéma de sélection (croissances plus rapides, moins de mortalité, meilleure récupération des femelles après chaque lactation...). Les résultats présentés dans cet article montrent clairement que l'impact économique du parasitisme gastro-intestinal en zone tropicale ne se résume pas au seul coût des traitements anthelminthiques (par ailleurs non négligeable). Les SGI diminuent la fertilité des femelles, occasionnent des mortalités et freinent la croissance des petits ruminants. Dans le cas où les anthelminthiques

deviendraient inefficaces, le parasitisme interne peut conduire à un arrêt de l'élevage, tout au moins dans sa forme intensive, même dans le cas d'un environnement à très forte technicité. Par conséquent, il nous faut utiliser toutes les ressources et le progrès dans nos connaissances, pour mettre au point des méthodes de lutte intégrées, afin de réduire de façon efficace, économe et non polluante, les effets des SGI.

Conclusion

Seule une approche globale du fonctionnement de l'élevage, incluant celle du parasitisme, est susceptible de contribuer réellement à une augmentation de la production de viande en milieu tropical. L'élevage durable implique nécessairement des

méthodes intégrées de lutte contre les SGI : renforcement des capacités de résistance des animaux par une bonne nutrition et par sélection, la maîtrise des populations larvaires sur le pâturage par une gestion raisonnée des pâturages (visant non seulement à une réduction des populations mais aussi au maintien d'une fréquence élevée de gènes de sensibilité aux anthelminthiques), l'utilisation stratégique d'anthelminthiques efficaces et, dans un proche avenir, lutte biologique par des champignons nématophages. Cet article souligne par ailleurs quelques erreurs à ne pas commettre : ne pas mettre les animaux au pâturage quand le risque parasitaire est le plus fort ; ne pas regrouper les animaux les plus sensibles sur une même parcelle ; ne pas augmenter inconsidérément le chargement ; ne pas utiliser aveuglément les anthelminthiques et en contrôler l'efficacité. ■

Figure 1 : Cycle des strongles digestifs des ruminants.

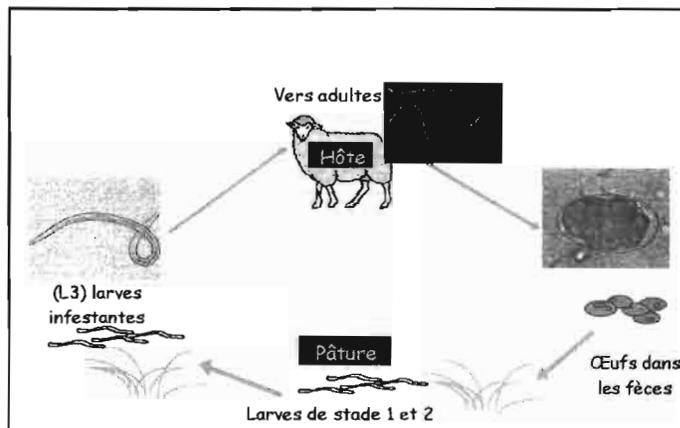
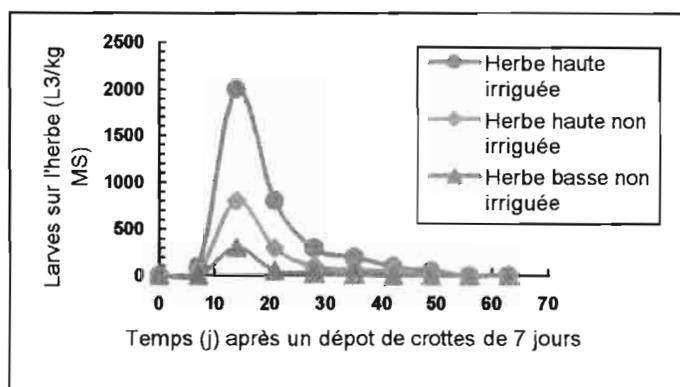


Figure 2 : Evolution de la densité de larves infestantes par kg de matière sèche, suivant le temps. Influence de l'irrigation et de la hauteur d'herbe (d'après Aumont et al. 1989).



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aumont G., 2002, "Genetic selection evolution" (soumis).

Aumont G. & Gruner L., 1989, "Population evolution of the free-living stage of goat gastrointestinal nematodes on herbage under tropical conditions in Guadeloupe (French West Indies)", *International Journal for Parasitology* 19 : 539-546.

Baker R.L., Mwamachi D.M., Audho J.O., Aduda E.O., Thorpe W., 1999, "Genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in Red Maasai, Dorper and Red Maasai Dorper ewes in the sub-humid tropics", *Animal Science* 69 : 335-344.

Bastien O., Kerboeuf D., Leimbacher F., Gevrey J., Nicolas J.A., 1991, "Recherche des causes d'échec thérapeutiques dans la lutte contre les strongyloses gastro-intestinales des ovins en Martinique", *Revue Elev. méd. vét. des pays trop.* N° spécial, Compte rendu des premières Journées ovines et caprines aux Antilles-Guyane, pp. 117-121.

Gruner L., 1985, "Control of gastrointestinal strongyles in sheep and goats in the French West Indies : development of benzimidazole resistance and the benefit of pasture management", *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 38 : 386-393.

Leimbacher F., 1999, "Dépistage de la résistance des SGI des ovins aux anthelminthiques utilisés en Martinique", Rapport du Conseil Scientifique INRA/URZ - CIRAD/EMVT, Petit-Bourg (Guadeloupe), 4 p.

Leimbacher F. & Liabeuf J.M., 1984, "Précisions sur la nature, l'importance économique et l'épidémiologie des principales maladies rencontrées chez les ovins et caprins aux Antilles françaises", *Les Maladies de la chèvre*, Niort-Paris : INRA, Les Colloques de l'INRA N° 28, pp. 731-742.

Lumaret J.P. & Kadiri N., 1998, "Effects of parasiticides on the entomological fauna of pastures", *Bulletin des G.T.V. - Groupements Techniques Vétérinaires : Dossiers Techniques Vétérinaires* 3, 55-62.

Mahieu M., Alexandre G., Boval M., Archimède H. & Aumont G., 2002, "Pâturage alternatif de bovins et d'ovins : une utilisation plus efficace du pâturage en zone tropicale humide, 38th Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society (Trois-Îlets, Martinique, 30 juin - 5 juillet), (à paraître).

Mahieu M., Aumont G., Michaux Y., Alexandre G., Archimède H., Boval M. & Theriez M., 1997, "Mixing grazing sheep/cattle on irrigated pastures in Martinique (FW1)", *Productions animales* (Paris) 10, pp. 55-65.

Mandonnet N., Aumont G., Fleury J., Arquet R., Varo H., Gruner L., Bouix J. & V.J., 2001a, "Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics", *Journal of Animal Science* 79, pp. 1706-1712.

Mandonnet N., Menéndez-Buxadera A., Naves M., Leimbacher F., 2001b, "Quelle amélioration génétique pour les systèmes allaitants au pâturage en zone tropicale ?", Rapport du Conseil Scientifique INRA URZ - CIRAD EMVT, avril 2001, Petit-Bourg (Guadeloupe), 14 p.





Les Cahiers du PRAM N°2

*Edité par le Pôle de Recherche Agronomique de la Martinique
Coordination : Jean-Jacques Baraër (CIRAD) et Daniel Barreteau (IRD)
Tirage : 400 exemplaires - Octobre 2002*



Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement



Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement



CENTRE ANTILLES GUYANE

Institut national de la recherche agronomique



Institut de recherche pour le développement

*Centre de Recherche Agricole
de la Martinique*
PRAM

Pôle de **R**echerche **A**gronomique de la **M**artinique

Quartier Petit Morne - BP 214 - 97285 Le Lamentin Cédex 2 - Tél. 05 96 42 30 00 - Fax 05 96 42 31 00

Courriel : pram@cirad.fr