

**Notes techniques sur le programme de recherche-action
des hauts de l'Ouest de l'Île de la Réunion**

L. Séguy - Avril 1999

**Notes techniques sur le programme de recherche-action
des hauts de l'Ouest de l'Île de la Réunion**

L. Séguy - Avril 1999

I - Introduction

Le programme de recherche-action des hauts de l'Ouest se renforce avec l'arrivée de Mr. Johnny Boyer, spécialiste de la faune des sols. On peut et on doit s'en féliciter compte tenu de l'importance de ce thème pour comprendre, expliquer la durabilité des systèmes de culture en semis direct (1).

Le programme de recherches, construit en avril 1998, avec la participation des divers partenaires, n'a pu être construit dans son intégralité, à cause du temps énorme qu'ont du consacrer les deux chercheurs au montage de projets qui doivent assurer la perennité du dispositif de recherches sur le semis direct à la Réunion ; ce sont :

- Le dossier **pos.doc** de Mr. Johnny Boyer (650 000 F sur 18 mois, financés pour 1/3 par le Ministère de la recherche, 1/3 SICA, 1/3 CIRAD)

- Le dossier **Régis** "impacts des modes de gestion des cultures sur la faune, la microflore des sols et sur l'état phytosanitaire des plantes cultivées, mise au point d'indicateurs biologiques sur la qualité des sols" (dossier déposé auprès de la DAF pour financement européen qui va passer en comité local de suivi ; 800 000 F/3 ans),

- Le dossier **Gessol** "rôle de la faune, de la microflore du sol et des modes de gestion des cultures avec couverture végétale sur l'évolution des sols et la protection de l'environnement" ; dossier présenté au Ministère de l'environnement (980 000 F/3 ans).

- En dehors du montage de ces projets, les 2 chercheurs ont également consacré une grande part de leurs activités à l'animation, la formation, la gestion du personnel :

- Organisation du premier comité de pilotage du **Radoi** (réseau agriculture durable Océan Indien) - août 1998,

- Rédaction de doc. sur l'état des lieux du Radoi,

- Participation au réseau local Réunionnais sur l'agriculture durable (6 réunions depuis septembre, rédaction du doc.),

- Participation à la préparation du contrat de plan 2000-2006 (divers doc.),

- Rédaction de doc. pour la construction du pôle de compétence "Agriculture des hauts - environnement et forêts" du Cirad Réunion,

- Demande de financement auprès du délégué régional du Ministère de la recherche (500 KF) pour le lancement du Radoi,

- Animation du dispositif de recherches des hauts,

- Cours à l'université,

- Visites d'étudiants, des lycées agricoles, des centres de formation professionnels pour adultes,

- Formation de 9 emplois-jeunes du Civam,

- Participation au comité technique et de pilotage des opérations OGAF,

- Accueil et formation d'agronomes de TAFE, ANAE (Madagascar), comoriens.

Le reste du peu de temps disponible a pu être, fort heureusement, consacré au programme d'agronomie qui doit assurer les progrès du semis direct à l'île de la Réunion (2).

(1) Les travaux de recherches qui seront conduits sur le thème "faune x modes de gestion des sols et des cultures", pourront servir de références pour l'Océan Indien et les Antilles.

(2) Il paraît légitime de se demander pourquoi nos collègues de Montpellier, spécialistes du montage des projets, ne pourraient pas apporter un appui conséquent, qui permettrait de libérer les agronomes de terrain pour qu'ils se consacrent à leur fonction essentielle.

II - Le programme de recherche-action sur le semis direct, proposé en 1998 -

2.1 Ce qui a été réalisé (cf. programme 1998 - rapport L. Séguy, avril 98)

→ Sur les hauts de l'Ouest

- Tests herbicides sur *Géranium* + *Arachis* (contrôle dicot. avec triazines en plein - Cocâtre - P XVIII),
- Collection matériel génétique pour alimenter les systèmes en semis direct (base *Géranium*, vivriers + élevage, maraîchers - colimaçons) en été et en hiver,
- Validation des systèmes de semis direct chez les agriculteurs (réseau "agriculteurs-expérimentateurs).

→ Sur l'Est et le Sud

- Gestion herbicide de l'*Arachis pintoï*, sous palmiste.

2.2 Ce qui n'a pas été réalisé, par manque de temps

→ Sur les hauts de l'Ouest

- Tests herbicides totaux sur *Arachis* déjà implanté (rôle d'écran + fonction alimentaire) - Cocâtre P III,
- Gestion N sur maïs en fonction de la couverture de paille d'avoine d'hiver - Cocâtre P₃,
- Contrôle herbicide du kikuyu dans le *Géranium* - Cocâtre PII,
- Système kikuyu - avoine d'hiver, en semis direct pour les éleveurs des hauts,
- Techniques de défrichage manuel qui préservent totalement la matière organique du sol.

→ Dans l'Est et dans le Sud

- Techniques de défrichage (*idem* Hauts de l'Ouest),
- Autres couvertures à tester sous palmiste.

2.3 Ce qui a été rajouté au programme 1998, et réalisé

→ Sur les hauts de l'Ouest

- Implantation de nouvelles couvertures dans le *Géranium* (Mr. Fontaine JP) avec suivi de la production de *Géranium*, de l'enherbement et de l'évolution de la faune, microflore et nématodes.
- Cultures maraîchères x types de couverture mortes et vives et *Géranium* x types de couvertures mortes (Mr. Payef).
- Système de rangs jumelés de *Géranium* sur kikuyu (Mr. Cadef).

→ Dans le Sud et l'Est

- Diffusion (spectaculaire) de la couverture vivante de *Arachis pintoï* dans les vergers :
 - + 2 implantations sur petite île,
 - + 1 implantation sur l'Entre deux.

(*) Au total, un programme évident de recherche-action, a tout de même été mis en place et conduit dans des conditions parfaitement rigoureuses, malgré le peu de temps disponible.

• Le succès du travail accompli est énorme aussi bien sur les hauts de l'Ouest que dans le Sud et l'Ouest.

• Le partenariat, base de l'action, est également exemplaire.

• L'importance des actions de recherche sur le terrain est telle qu'elle mérite que les chercheurs puissent s'y consacrer à plein temps.

III - Propositions de recherche-action pour 1999 -

3.1 Compléter le programme 1998, qui n'a pu être réalisé - (cf. propositions rapport L. Séguy, avril 98)

→ Sur les hauts de l'Ouest

- Tests herbicides totaux sur *Arachis* - (P II - Cocâtre),

- Gestion N maïs sur diverses quantités de paille d'avoine d'hiver (P 3 - Cocâtre),
- Compléter collections matériel génétique (*colimaçons*),
- *Vesce, coix, phacélie*
- Contrôle herbicide du kikuyu dans le *Géranium*, en rajoutant le régulateur de croissance méfluidide (P II),
- Systèmes fourragers des hauts, en semis direct :
+ Rajouter pois fourrager et supprimer feverolle en été
+ Rajouter orge et pois en hiver
- Techniques de défrichement préservatrices de la matière organiques.

→ **Dans le Sud et l'Est**

- Autres couvertures vives sous palmiste et goiavier,
- Techniques de défrichement manuel.

3.2 Poursuivre

• Toutes les actions de recherche-action et de validation déjà entreprises aussi bien dans les hauts de l'Ouest que dans le Sud et l'Est.

3.3 Compléter

• **Peuplement végétal** → Toutes les cultures vivrières, maraîchères et le *Géranium* devront être implantées en lignes jumelées.

Cette technique facilite à la fois, la pratique de l'écobuage, l'entretien des parcelles (*paillage, herbicidage, fourrages*) et réduit très fortement les temps de travaux (*récolte, entretien*).

• **Écobuage** → Cette technique, qui a fait ses preuves à Madagascar (où nous disposons de 4 ans de recul et de résultats rigoureux accumulés sur l'évolution de la fertilité des sols) doit être plus largement utilisée sur sols volcaniques, mêmes les plus dégradés.

• C'est en effet la seule technique disponible, qui puisse, sans intrants organiques ou/et minéraux, libérer de la fertilité immédiatement pour toutes les cultures (*). C'est également une pratique qui doit être associée au paillage systématique (ou couverture vive associée) et qui permet d'accéder à l'agriculture biologique à condition d'utiliser les insecticides recommandés (*biopesticides*).

Cet accès à l'agriculture biologique peut procurer des revenus substantiels aux agriculteurs, ceci d'autant plus que avec l'écobuage, les engrais minéraux ne sont plus utilisés, aussi bien sur *Géranium*, que sur les cultures maraîchères à haute valeur ajoutée, le riz pluvial de haute technologie.

→ Cette technique déjà appliquée chez Mr. Cadet, sur sol dégradé, devrait être testée également sur sol riche sur défriche -

- + Mr. Fontaine (*Géranium*),
- + Mr. JF Conteau (*cultures maraîchères*),
- + Dans le Sud (*St. Pierre*).

→ Les modalités de réalisation de l'écobuage, méritent également d'être rigoureusement précisées :

- + Nature et quantité du combustible,
- + Rythme de pratique.

→ De même, le suivi de son impact sur les propriétés physico-chimiques et biologiques (*faune, microflore*) des sols.

(*) L'écobuage devrait être testé chez plusieurs agriculteurs, en sols très dégradés, aussi bien dans le Sud et l'Est que dans l'Ouest sur cultures à haute valeur ajoutée. Comparer cette technique + paillage au meilleur mode de gestion + fumure minérale et organique non limitante (+ 1 témoin traditionnel).

(*) À condition, bien évidemment, comme à Madagascar, de s'entourer de toutes les précautions nécessaires quant à la démonstration de ses performances, de ses impacts sur l'évolution des sols, de sa diffusion raisonnée et responsable.

• Le riz pluvial de haute technologie, une nouvelle option à haute valeur ajoutée pour les agriculteurs de l'Ouest, du Sud et de l'Est.

Les variétés (déjà introduites) sont au top niveau du marché mondial (grain très long fin, parfumé ou non, facile à cuisiner) et de très haute productivité en conditions pluviales (productivité de 4 à 7 tonnes/ha).

Elles peuvent être cultivées aussi bien sur sol riche que sur sol dégradé, avec la technique de l'écobuage + paillage. Planter en rangs jumelés et dans l'interligne paillé, planter du haricot.

L'utilisation de ce matériel génétique exceptionnel (jusqu'à 800-1 000 m d'altitude), associée à la pratique de l'écobuage + paillage doit permettre d'atteindre de hauts niveaux de rendements, et de placer cette production sur le marché biologique (culture pratiquée sans engrais minéraux, ni herbicides).

(*) Les variétés de riz de haute technologie, devront être multipliées rapidement en saison froide dans le Sud, de même que le soja, le haricot.

Si l'écobuage + paillage n'est pas utilisé, les herbicides seront nécessaires :

- Ronstar (1 000 g m.a./ha) en pré-émergence,

- Stomp (1 500 g m.a./ha) en pré-émergence.

En post-émergence, si nécessaire, utiliser contre les dicot., Lactofen (0,4 l/ha) en post précoce, entre 15 et 25 JAS (jours après semis). Sinon, appliquer le 2-4 D amine, en post tardif (1 l/ha à 1,2 l/ha 45-60 JAS).

• Impacts des herbicides totaux et post-émergents utilisés dans les systèmes de semis direct, sur la faune et la microflore du sol

+ Sur couverture kikuyu + *Desmodium*

+ Sur paille avoine, canne

x 2 types de sols { Très dégradé

Riche

→ Sur kikuyu + *Desmodium* (dessèchement couverture vive)

+ Glyphosate 5 l/ha + 1,5 l Diquat 8-10 jours après,

+ Fusilade 1,5 l/ha + 2,5 l Diquat 8-10 jour après (pour éleveurs → choix plantes fourragères)

→ Sur culture de maïs sur couverture morte de paille et sol nu :

1. + sol nu, maintenu propre, sans herbicides,

2. + sol nu + Atrazine pré et 2-4 D post (avant 4 feuilles maïs)

3. + sol paillé (10-12 t paille avoine ou canne) + Atrazine pré + 2-4 D post

4. + sol paillé = traitement 3 + Nicosulfuron en post tardif (25-30 JAS)

5. Sol paillé, avec seulement Nicosulfuron en post tardif (25-30 JAS)

• Semis direct canne à sucre (fonction de l'intérêt de la profession)

→ La démarche de mise en place :

- Installation d'une couverture vivante : *Arachis pintoi*, repens ; *Lotus uliginosus* ; *Trifolium*

semi pilosum,

- Au bout d'un an, ou après couverture complète du sol par la plante de couverture, sillonnage et plantation de la canne,

- Étudier 2 ou 3 densités de canne, dont la recommandée, une densité plus serrée et une plus lâche (meilleure pénétration lumière).

→ Suivre :

- Production de la canne (et teneur en sucre),

- Évolution de la couverture et contrôle adventices,

- Évolution propriétés physico-chimiques et biologiques des sols.

IV - Conclusions -

- Les progrès réalisés sur le semis direct sont très significatifs, même si les agronomes du CIRAD-GEI, n'ont pu disposer de tout le temps nécessaire à la conduite du programme complet prévu en 1998.

- Les expérimentations en milieu réel, avec, pour et chez les agriculteurs sont remarquables ; on notera l'importance de la technique de l'écobuage sur sols dégradés qui permet de libérer, sans intrants, un niveau de fertilité élevé (cf. *résultats préliminaires en annexe, sur la productions de Géranium qui est en moyenne triplée*). Cette technique, dont les effets immédiats sur la fertilité sont spectaculaires et dont les effets résiduels sont longs (cf. *résultats Madagascar, site dégradé d'Ibity*), mérite d'être diffusée rapidement, en particulier sur sols dégradés où rien ne pousse sans apports massifs de fumier et de fumure minérale très coûteuses. Sa pratique doit être obligatoirement associée à celle du paillage systématique des parcelles (*biomasse exogène ou endogène à la parcelle*).

- La diffusion des couvertures vives sous vergers dans le Sud est impressionnante et confirme bien la facilité de pratique de ces techniques (cf. *sites de petite île, l'Entre deux*) qui méritent une plus large diffusion. Outre le suivi de l'impact de ces couvertures sur la fertilité des sols, l'enherbement, les insectes des cultures, l'activité biologique du sol ; il paraît également opportun de suivre la qualité des fruits (*teneurs en sucres, etc.*) ; à rappeler que ces couvertures vives peuvent facilement être contrôlées, si nécessaire, dans les vergers pour servir de mulch régulateur des flux d'eau au profit du verger (*traitement au diquat → mulch protecteur + fonction alimentaire accrûe*).

- La culture du riz pluvial de haute technologie peut être une nouvelle option de culture ; avec la technique de l'écobuage + paillage, ce produit de haute qualité, fortement consommé à la Réunion, peut intégrer le marché des produits biologiques (*haute valeur ajoutée*) comme du reste bien des cultures maraîchères et vivrières dès lors qu'elles sont implantées et conduites sans intrants chimiques (*engrais minéraux, herbicides*).

- Les recherches sur la diversification des espèces d'été et d'hiver qui contribuent à alimenter les systèmes de semis direct, se poursuivent (cf. *Ray grass, blé, orge, avoine, comme options de culture d'hiver*).

- Enfin, il paraît extrêmement opportun et important de mobiliser les décideurs et bailleurs de fonds sur le terrain. Des visites devraient être organisées avec les autorités diverses qui ont en charge le développement de l'agriculture pour leur montrer comment travaille la recherche-action avec les acteurs et comment elle apporte des solutions pour l'agriculture durable et la protection de l'environnement ; comment elle forme les acteurs.

- Des propositions devraient être faites pour diriger les subventions au profit des agriculteurs durables : citons par exemple les techniques de défrichement manuel protectrices de la ressource sol : de même, l'incitation au développement de réseau d'agriculteurs - formateurs me paraît extrêmement importante pour la diffusion rapide et efficace des technologies, préservatrices de l'environnement ; les initiatives développées en 1998 par le CIRAD-GEI des hauts doivent être multipliées - l'organisation et l'intégration des produits au marché du biologique doivent également faire l'objet d'incitations.

(*) *Enfin, souhaitons que les agronomes aient tout le temps nécessaire à consacrer à la progression des systèmes durables de semis direct ; sans travail de terrain, construit avec les acteurs dans leurs réalités, il n'y a rien à montrer, rien à diffuser, sinon des discours, du vent. Il nous faut donc continuer à agir, précéder le développement pour mieux l'orienter, prédire, le guider, extrapoler les expériences pour d'autres situations à la Réunion, dans l'Océan Indien, dans le monde tropical.*

ANNEXES

Source : André Chabanne et Johnny Boyer

- Programme mission Séguy - Article presse (*Forum Paris*)
- Résultats partiels 1998/99 par site (*milieux semi-controlé et réel*)
- Matériel végétal introduit, herbicides à tester
- Publications et montages de projets sur relations "faune, microflore et modes de gestion des sols"

- Programme de mission
- Article de la presse (*AFP*) sur réunion CIRAD au salon de l'agriculture sur semis direct
- Herbicides à tester sur *Géranium* x types couvertures
- Germoplasm introduit pour progression systèmes de semis direct (*diversification, types de couvertures*)

PROGRAMME DE MISSION
L. SEGUY (05/04 au 11/03) et M. RAUNET (05/04 au 07/04)

	L. SEGUY	M. RAUNET
05-avr	Arrivée de Madagascar par AF3800 à 15h40	
	<u>(Riz + Défriche)</u>	
06-avr	<u>Petite-Ile (Protection zone de captage)</u>	8 h Pierr Battesti
	<u>Saint-Pierre (Essai "couverture + collection)</u>	10 h Cirad (B. Rivière)
	<u>Entre-Deux (enherbement des vergers)</u>	11 h Université O.I. Mme ALLAOUI (Fac de Lettres)
07-avr	<u>Hauts de l'Ouest (A.P.R.)</u>	
	Association des Planteurs Expérimentateurs (géranium, riz, maraîchage fourrages) (Cadet, Fontaine, Payet, Rabois) + Dispos. Saint-Denis : DAF - M. ROUX - 16 h	
		Départ par A.F.
08-avr	<u>Hauts de l'Ouest</u> Cirad (Cocâtre, Colimaçons) Bègue (géranium, maraîchage, fourrages)	
09-avr	8 h Cirad-Colimaçons Bilan avec CIVAM, APR, APE, Dispos.	
	14 h Saint-Denis Exposé "Agrobiologie"	
10-avr	Rédaction rapport de mission	
11-avr	Départ par A.F.	

N.B. : Programme susceptible de modifications suite à une demande de réunion des partenaires financiers

Il faut supprimer les labours

Des agronomes encouragent les agriculteurs français à supprimer les labours au profit de l'agriculture dite des semis directs, qui consiste essentiellement à ne pas travailler le sol, une technique qui a déjà fait ses preuves dans certains pays tropicaux.

Cette méthode, ont expliqué les experts au cours d'une table-ronde organisée par l'agriculture, qui se termine dimanche à Paris, implique de ne jamais laisser le sol nu, en le couvrant soit par des résidus de récolte renforcés ou non par une « couverture morte », soit par une « couverture vivante » qui peut être un tapis de légumineuses ou de graminées pouvant servir de fourrage.

Ensuite, il s'agit de semer directement, avec des outils spécifiques, la plante multipliée à travers cette couverture protectrice, ont expliqué des agronomes lors de cette table-ronde organisée par le CIRAD (Centre de coopération internationale de recherche agronomique pour le développement).

En zone tropicale, ce système de culture permet une amélioration durable de la production et de la fertilité du sol cultivé, grâce à l'augmentation de l'activité biologique du sol.

« Avec le semis direct, on peut aller au fond du potentiel génétique des espèces », a expliqué Lucien Séguy, agronome du CIRAD au Brésil. A Madagascar, les agriculteurs se sont d'abord inquiétés d'avoir à semer sur un « sol sale ».

Ce fut un tremblement de terre au niveau des esprits », a raconté un chercheur malgache. Sur les hauts plateaux du pays, des haricots sont cultivés en semis direct sur une couverture morte de pailles de blé. Avec cette technique, l'érosion et la dégradation des sols est diminuée, le lessivage en profondeur des éléments nutritifs est réduit, la pollution des nappes phréatiques et des eaux ainsi que la déforestation diminuent, a précisé M. Séguy.

Pratiques agrobiologiques. Le semis direct permet aussi une réduction des coûts (engrais, pesticides...) et des

temps de travaux sur l'exploitation. Les Américains ont été les premiers à utiliser cette technique dans les années 1960. Actuellement, 18 millions d'hectares aux Etats-Unis sont cultivés de cette manière, suivis par le Brésil (7 millions ha) et le Canada (6,5 millions ha).

L'Europe occidentale est à la traîne, puisque seuls 500 000 hectares sont cultivés de cette façon.

« L'agriculture de semis direct ne cesse de s'étendre au Brésil avec des rendements de maïs et de soja multipliés par deux et une diminution des coûts. Ce pays pourrait à l'avenir inonder les marchés internationaux », a expliqué à l'AFP Michel Griffon, économiste du CIRAD spécialiste des politiques agricoles.

Le semis direct pourrait être « la voie du renouveau pour l'agriculture européenne », selon des agronomes. Le CIRAD encourage les agriculteurs à supprimer les labours et à mettre en oeuvre des pratiques agrobiologiques.

« Il faut changer les mentalités. La biologie des sols a été niée pendant des années. Arrêter le labour, cela se passe dans la tête », a souligné Claude Bourguignon du Laboratoire microbiologique des sols (LAMS).

Si les labours permettent d'aérer le sol et d'enfouir les engrais, ils ont pour inconvénient de dégrader progressivement la fertilité de ce sol. Ils signifient aussi des travaux pénibles et des contraintes de calendrier (on ne peut pas labourer n'importe quand).

Pierre Lajoux, de l'Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF), s'est montré toutefois plus prudent, estimant que « les résultats en France du semis direct ne sont pas miraculeux ».

« Les sols en Europe sont profondément fatigués, contrairement à ceux des pays tropicaux », a reconnu M. Bourguignon. La remontée de l'activité biologique des sols en utilisant le semis direct peut être très lente et les rendements seront conservés mais guère augmentés.

« Il faut quand même essayer, la nature fera le reste », a conclu Lucien Séguy.

LE CENTRE DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE DE SAINTE-ROSE

Un exemple de réussite

Jouant le rôle d'interface entre les agriculteurs et les institutions du monde agricole, le pôle d'activité économique de la commune de Sainte-Rose est devenu incontournable pour les exploitants de la région Est. Une réussite qui se traduit par une augmentation de la production cannière qui devrait cette année dépasser les 100 000 tonnes, mais aussi production de banane et l'horticulture.

Après cinq années d'activités, on peut dire que le Centre communal de développement agricole de Sainte-Rose, encore appelé pôle agricole, est passé à la vitesse supérieure. Les chiffres en disent d'ailleurs long. Ainsi, la filière canne qui reste le pivot des activités de ce pôle économique de l'Est enregistre une importante progression avec une récolte de 93 000 tonnes de canne en 1998, contre 63 000 tonnes l'année précédente. Et les responsables du centre espèrent atteindre les 100 000 tonnes en 1999. Cet objectif sera sans doute atteint grâce à une optimisation des efforts de l'ensemble des partenaires du Centre communal de développement agricole, notamment les techniciens de la chambre d'agriculture par l'intermédiaire du Service d'utilité agricole (SUAD) et de la Sater. Aux 200 hectares de cannes, viendront s'ajouter cette année 350 hectares de plus récupérés sur les terres en friche. Les responsables du pôle espèrent que cette augmentation des surfaces entraînera quelques créations d'emplois.

Mais la réussite du Centre communal de développement agricole de Sainte-Rose résulte surtout de la mise en place d'une structure destinée à alléger la gestion administrative des agriculteurs. « Partant du constat que les agriculteurs passaient plus de temps à effectuer des démarches administratives et de gestion qu'à s'occuper de leurs exploitations, la majorité municipale s'est demandé comment rassembler en un seul point les diverses institutions du monde agricole », explique Jean-Luc Gonnaville, directeur du pôle agricole de Sainte-Rose. « En concentrant sur le même site les services de la chambre d'agriculture, de la Sater, de la Direction de



L'activité pépinière du pôle agricole de Sainte-Rose a permis de créer une trentaine d'emplois à temps plein. (Photos René Lai-Yu)

l'agriculture et de la forêt, on a ainsi facilité les démarches administratives des agriculteurs », soutient le jeune homme. « Un exemple : l'accès aux exploitations, notamment en construisant des chemins bétonnés ; les démarches pour trouver le financement auprès des collectivités ont été facilitées. La encore la municipalité est intervenue en faveur des exploitants n'ayant pas les moyens financiers de payer leur quote-part, soit 25% du coût des travaux ».

A cela il faut ajouter l'accès à la formation pour les jeunes désirant s'installer. « Pour l'heure il est vrai que notre objectif est d'accroître le développement de notre filière canne qui, pour nous, reste la pierre angulaire de nos activités. A ce titre nous avons encore de la marge, puisque nous envisageons de récupérer un peu plus de 300

hectares sur le domaine de Roussel. Ce qui nous permettra de dépasser notre objectif, à savoir être le premier producteur de canne sur la région Est de l'île en produisant plus de 100 000 tonnes », indique Jean-Luc Gonnaville. Ce dernier confirme néanmoins que le pôle agricole de Sainte-Rose s'investit également dans la diversification. Ainsi, avec une surface totale de 100 hectares cultivée en banane, la commune de Michel Vergoz s'impose en tant que premier producteur réunionnais de banane. D'ailleurs, depuis deux ans, la mûrissage est en pleine activité.

Du bord des laves au battant des laves, plus de 60 hectares ont été récupérés pour les agrumes. « Les agrumes c'est aussi notre fierté. Nous pensons qu'il est encore possible de faire mieux ». Victime de bracon-

nage, le palmiste rouge pourrait, grâce au Centre de développement agricole de l'Est, se multiplier. Cultivés sous serre, plusieurs milliers de plants pourront bientôt être mis à la disposition du public. Autre fleuron de l'activité agricole de Sainte-Rose, l'horticulture avec plus de 300 hectares en rose de porcelaine. Enfin le développement de la pépinière a permis l'embauche d'une trentaine de CES et CIA. Pour l'heure, la production est consacrée uniquement à l'embellissement de la petite commune de l'Est. « Bien que l'année dernière, nous ayons eu une importante commande publique avec la commune de Saint-Benoît qui a fait appel à nous pour l'embellissement de ses espaces verts », précise néanmoins le dynamique directeur du Centre de développement.

L.R.



Grâce à son rôle d'interface entre les agriculteurs et les organismes agricoles, le Centre de développement prend également en charge la formation des jeunes futurs exploitants.

mfi MOUTENEMENT

Nous fabriquons aussi la pierre Loffel de 120 kgs

Fax : 29.16.10 • Tél. 29.48.83

LISTE DES ESPECES INTRODUITES

	VARIETE	ORIGINE	REMARQUES	
ORGE	Madag	Madag		
	Névéda	Blondeau		
	Pricata	Blondeau		
	Scarlett	Blondeau		
	Cécilia	Verneuil		
	Amélie	Verneuil		
	Souora	Verneuil		
	Angela	Agri-Obtentions		
	Alpha	Agri-Obtentions		
	Fedora	Agri-Obtentions		
	91 280/3	Agri-Obtentions		
	Armoric	Momont		
	Jamalque	Momont		
	Lagune 1	Momont		
	Lagune 2	Momont		
	Nacra	Momont		
	Amazone	Momont		
	BLE	Andry 91	Madag	
Enesco		Verneuil		
Cézanne		Verneuil		
Cadenza		Blondeau		
Filou		Blondeau		
Bégnassos		Agri-Obtentions		
Courtot		Agri-Obtentions		
Rénao		Agri-Obtentions		
Eureka		Agri-Obtentions		
Argelés		Agri-Obtentions		
Durac		Agri-Obtentions		
Audace		Agri-Obtentions		
Moldau		Agri-Obtentions		
Skirliou		Momont		
Veliois		Momont		
SOJA		FT 5	Brazil	Via Madag
		FT 7	Brazil	Via Madag
		FT 10	Brazil	Via Madag
	OC 2	Brazil	Via Madag	
	OC 3	Brazil	Via Madag	
	OC 4	Brazil	Via Madag	
	OC 6	Brazil	Via Madag	
	OC 8	Brazil	Via Madag	
	OC 10	Brazil	Via Madag	
	OC 11	Brazil	Via Madag	
	OC 14	Brazil	Via Madag	
	Eureka	Brazil	Via Madag	
	Engopa 302	Brazil	Via Madag	
	Engopa 304	Brazil	Via Madag	
	BR 16	Brazil	Via Madag	
	Abyara	Brazil	Via Madag	
	Primavera	Brazil	Via Madag	
	LUPIN	Lubline		
Lusyrine				
POIS FOURRAGER	Ludet			
	Assas			
FEVEROLE	Divine			
	Mélode			

VARIETES EN ATTENTE

SOJA	Comets	Brazil	Via Madag
	OC 9	Brazil	Via Madag
VIGNA UNGUIGULATA	8 variétés		Madag
VIGNA RADIALA			Madag
VOANDZEA SUBTERRANEA			Madag
RADIS FOURRAGER			Madag

	VARIETE	ORIGINE	REMARQUES	
AVOINE	151	Madag		
	Belette	Blondeau		
	Sheldan	Blondeau		
	Poney	Blondeau		
	Révaor	Blondeau		
	Fringante	Agri-Obtentions		
	gerald	Agri-Obtentions		
	Sirine	Agri-Obtentions		
	Calao	Agri-Obtentions		
	TRITICALE	Mostrai	Agri-Obtentions	
Colossa		Agri-Obtentions		
Marc 95		Madag		
SEIGLE	Clou			
	Espir			
SARRASIN	La Harpe	Agri-Obtentions		
RAY-GRASS	Hybride	Locale		
	Argilus	Locale		
DACTYLE		Locale		
ELEUSINE	PG 94	Brazil	Germination	
	PG 2340	Brazil	Germination	
	PG 5320	Brazil	Germination	
	PG 5322	Brazil	Germination	
	PG 5323	Brazil	Germination	
	PG 5328	Brazil	Germination	
	PG 5330	Brazil	Germination	
	PG 5332	Brazil	Germination	
	PG 5335	Brazil	Germination	
	PG 5340	Brazil	Germination	
	PG 5343	Brazil	Germination	
	PG 5348	Brazil	Germination	
	PG 5352	Brazil	Germination	
	PG 6234	Brazil	Germination	
	PG 6236	Brazil	Germination	
	PG 6240	Brazil	Germination	
	PG 6250	Brazil	Germination	
	BRACCHARIA	Decubens	Brazil	Germination
Brizantha		Brazil	Germination	
Humidicola		Brazil	Germination	
Kuziziana		Brazil	Germination	
HARICOT		Europa Ouro	Brazil	Via Madag
		Japar 14	Brazil	Via Madag
		Rubi	Brazil	Via Madag
		Turuma	Brazil	Via Madag
		Paulistina	Brazil	Via Madag
		Japar 20	Brazil	Via Madag
SORCHO	Caroca	Brazil	Via Madag	
	Japar 44	Brazil	Via Madag	
	Pool Vermelho	Brazil		
	CSR 644	Brazil		
	CSR 660	Brazil		
	Pool Preto	Brazil		
	Dibarino	Brazil	Via Madag	
	82.3.30.11	Brazil	Via Madag	
	BF 80.9.8.12	Brazil	Via Madag	
	Population Rouge	Brazil	Via Madag	
	IRAT 202	Brazil	Via Madag	
	IRAT 204.09.321	Brazil	Via Madag	
	IRAT 150	Montpellier		
	IRAT 204	Montpellier		
	IRAT 207	Montpellier		
	IRAT 321	Montpellier		
	IS 18.30.6	Brazil	Via Madag	
	IS 50-8	Brazil	Via Madag	
IS 216-02	Brazil	Via Madag		
IS 114306	Brazil	Via Madag		
MIL	Boboni	Brazil		
	Nangolo	Brazil		
	Mangolo Cinzana	Brazil		
	Pool Melhores	Brazil		
	ICMV IS 80-108	Brazil		
	ICMV IS 88-102	Brazil		
	IP 5693	Brazil	Via Madag	
	IP 6133	Brazil	Via Madag	
	IP 5131	Brazil	Via Madag	
	IP 6465	Brazil	Via Madag	
IP 4952	Brazil	Via Madag		
IP 5721	Brazil	Via Madag		
Mil Local	Madag			

	VARIETE	ORIGINE	REMARQUES	
FOFIFA 62	FOFIFA 62	Madag		
	FOFIFA 64	Madag		
	FOFIFA 116	Madag		
	FOFIFA 133	Madag		
	FOFIFA 134	Madag		
	FOFIFA 151	Madag		
	FOFIFA 152	Madag		
	FOFIFA 153	Madag		
	FOFIFA 154	Madag		
	L-7	L-7	Brazil	Germination
		AEDA 40	Brazil	Germination
		8 FA 120.L.2	Brazil	Germination
		8 FA 352.L.5	Brazil	Germination
		CTRAD 141	Brazil	Germination
		CTRAD MN 1	Brazil	Germination
		CTRAD BSL 1	Brazil	Germination
		CTRAD 141	Brazil	Germination
		CTRAD 8 FA	Brazil	Germination
CTRAD 8 L. 6		Brazil	Germination	
CTRAD BSL 2		Brazil	Germination	
CTRAD BSL		Brazil	Germination	
CTRAD AED		Brazil	Germination	
CTRAD BSL 2		Brazil	Germination	
CTRAD BSL 3		Brazil	Germination	
CTRAD BSL 4		Brazil	Germination	
BSL 67.2		BSL 67.2	Brazil	Germination
		BSL 175.18	Brazil	Germination
	BSL 152.14	Brazil	Germination	
	8 FA 380.15	Brazil	Germination	
	8 FA 67.5	Brazil	Germination	
	BSL 67.18	Brazil	Germination	
	8 FA 330.2	Brazil	Germination	
	8 FA 337.1	Brazil	Germination	
	BSL 389.11	Brazil	Germination	
	8 FA 67.2	Brazil	Germination	
	BSL 152.17	Brazil	Germination	
	8 FA 22.5	Brazil	Germination	
	8 FA 281.2	Brazil	Germination	
	BSL 47.12	Brazil	Germination	
	6 KF BULLK	Brazil	Germination	
	YM 94	Brazil	Germination	
	YM 101	Brazil	Germination	
	YM 147	Brazil	Germination	
YM 128	Brazil	Germination		
F1 3B1	Brazil	Germination		
Jx 821	Brazil	Germination		
YM 126	Brazil	Germination		
YM 198	Brazil	Germination		
YM 114	Brazil	Germination		
J 951	Brazil	Germination		
Jx 953	Brazil	Germination		
CRAD "141"	Brazil	Germination		
YM 182	Brazil	Germination		
Jx 3322	Brazil	Germination		
YM 200	Brazil	Germination		
YM 194	Brazil	Germination		
CIAT 20	Brazil	Germination		
BASMA7790	Brazil	Germination		
L9251	Brazil	Germination		
CWINI Brax	Brazil	Germination		
P 3476 5613	Brazil	Germination		
CNA 8172	Brazil	Germination		

HERBICIDES A TESTER

SUR ARACHIS SEULE (Hiver et début été) : COURBE III

	M.A.	P.C.	g/l	Origine	Import.	Dose M.A. (g/ha)	Dose P.C. (l/ha)
1	Glyphosate	RoundUp	360	Monsanto	SREPC	720	2
2	Glufosinate	Basta	150	Procida	Hortibel	720	4,8
3	Sulfosate	Ouragan	480	Sopra	Coroi	720	1,5
4	Diquat	Réglone	200	Sopra	Coroi	400 + 200 (5 jours)	2 + 1
	Diquat	Réglone	200	Sopra	Coroi	400	2
5	+ Atrazine	Gesaprime	500	Ciba-Geigy	Coroi	750	1,5
	+ Simazine	Simaphyt	500	Sipcam-Pyfeurop	*	750	1,5

1, 2, 3, 4, 5 : début hiver
 4 : début été après reprise de végétation
 * : Fourni par la firme

SUR ARACHIS + GERANIUM : COURBE XVIII

	M.A.	P.C.	g/ha	Origine	Import.	Dose M.A. (g/HA)	Dose P.C. (l/ha)
1	Atrazine	Gesaprime	500	Ciba-Geigy	Coroi	750	1,5
2	Atrazine	Gesaprime	500	Ciba-Geigy	Coroi	1250	2,5
3	Atrazine	Gesaprime	500	Ciba-Geigy	Coroi	750	1,5
	+ Simazine	Simaphyt	500	Sipcam-Pyfeurop	*	750	1,5
4	Atrazine	Gesaprime	500	Ciba-Geigy	Coroi	1250	2,5
	+ Simazine	Simaphyt	500	Sipcam-Pyfeurop	*	1250	2,5
5	Amétryne	Gesapax - Callitine 500	500	Ciba-Geigy	Coroi	1200	2,4
6	Amétryne	Gesapax - Callitine 500	500	Ciba-Geigy	Coroi	2400	4,8
7	Prométryne	Gesagarde				500	
8	Prométryne	Gesagarde				1000	

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 : en plein été
 * : Fourni par la firme

SUR KIKUYU + GERANIUM

	M.A.	P.C.	g/ha	Origine	Import.	Dose M.A. (g/HA)	Dose P.C. (l/ha)
1	Fluazifop-P-Butyl	Fusilade	240			30	0,125
2	Fluazifop-P-Butyl	Fusilade	240			40	0,167
3	Fluazifop-P-Butyl	Fusilade	240			80	0,333
4	Haloxifop-P	Eloge ou Gallant	104	Bayer et Dow Agrosocienes	*	30	0,288
5	Haloxifop-P	Eloge ou Gallant	104	Bayer et Dow Agrosocienes	*	50	0,481
6	Haloxifop-P	Eloge ou Gallant	104	Bayer et Dow Agrosocienes	*	100	0,962
7	Clethodyme	Centurion	240	Sipcam-Phyfeurop	*	60	0,250
8	Clethodyme	Centurion	240	Sipcam-Phyfeurop	*	90	0,375
9	Clethodyme	Centurion	240	Sipcam-Phyfeurop	*	180	0,750
10	Propaquizafop	Agil	100	La Quinoleïne	Hortibel	40	0,400
11	Propaquizafop	Agil	100	La Quinoleïne	Hortibel	60	0,600
12	Propaquizafop	Agil	100	La Quinoleïne	Hortibel	120	1,200
13	Quizalofop ethyl	Ankor	100	Rhône-Poulenc	*	100	1,000
14	Quizalofop ethyl	Ankor	100	Rhône-Poulenc	*	150	1,500
15	Quizalofop ethyl	Ankor	100	Rhône-Poulenc	*	300	3,000
16	Séthoxydime	Fervinal	192	AgrEvo	*	160	0,833
17	Séthoxydime	Fervinal	192	AgrEvo	*	240	1,250
18	Séthoxydime	Fervinal	192	AgrEvo	*	480	2,500
	Trinéxopac-Ethyl *						
	Clodinafop						

Tous les traitements : début hiver et début été après reprise de la végétation
 * : Fourni par la firme

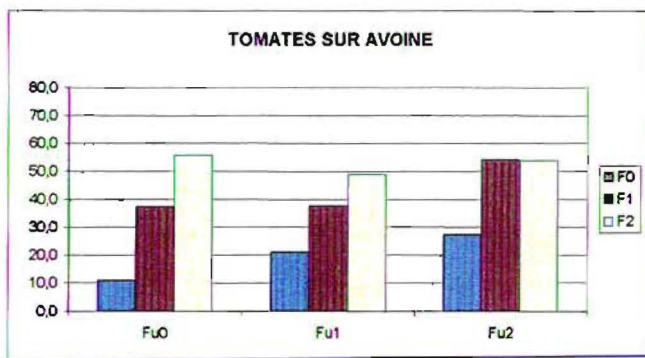
• Résultats partiels expérimentations Cocâtre-Théo

TOMATES SUR AVOINE

traitement	Bloc 1			Bloc 2			Bloc 3			Bloc 4			MOYENNE		
	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total
Fu0 - F0	2,33	3,1	5,43	4,895	0,52	5,415	0	0	0	0	0	0	7,2	3,6	10,8
Fu0 - F1	14,49	3,3	17,79	6,23	3,95	10,18	5,61	2,4	8,01	3,05	1,78	4,83	27,1	10,1	37,2
Fu0 - F2	12,02	6	18,02	5,59	5,45	11,04	15,69	10,55	26,24	1,35	1,55	2,9	33,6	22,4	56,0
Fu1 - F0	6,17	1,45	7,62	7,08	2,075	9,155	1,91	0,7	2,61	3,93	2,03	5,96	16,1	4,7	20,9
Fu1 - F1	2,6	1,8	4,4	10,45	5,525	15,975	9,75	3,71	13,46	9,27	5,22	14,49	25,1	12,3	37,5
Fu1 - F2	13,37	4,4	17,77	9,15	4,55	13,7	13,26	2,735	15,995	3,6	2,65	6,25	36,7	12,3	49,0
Fu2 - F0	8,15	2,125	10,275	6,27	1,5	7,77	6,4	1,675	8,075	2,2	2,5	4,7	21,4	5,9	27,3
Fu2 - F1	18,61	5,2	23,81	14,425	3,22	17,645	8,68	2,92	11,6	1,07	2,625	3,695	42,0	12,0	54,0
Fu2 - F2	13,27	6,95	20,22	16,85	4,45	21,3	7,25	3,15	10,4	4,5	3,75	8,25	38,5	15,5	54,0

	commerc...	déchets	Total
Fu0	22,7	12,0	34,7
Fu1	26,0	9,8	35,8
Fu2	33,9	11,1	45,1
F0	14,9	4,8	19,7
F1	31,4	11,5	42,9
F2	36,3	16,7	53,0

	Fu0	Fu1	Fu2
F0	10,8	20,9	27,3
F1	17,2	37,5	54,0
F2	56,0	49,0	54,0

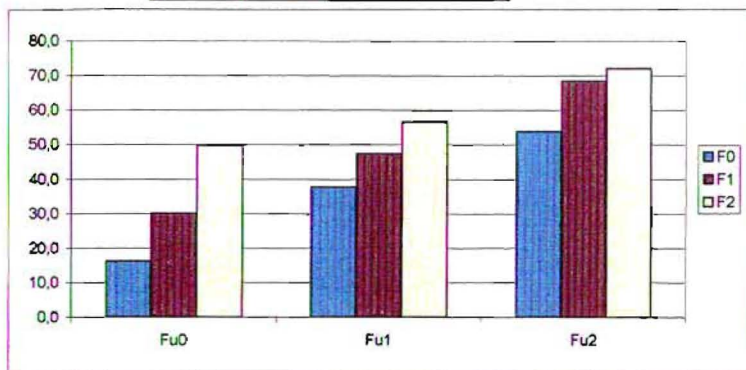


TOMATES SUR ARACHIS

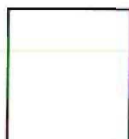
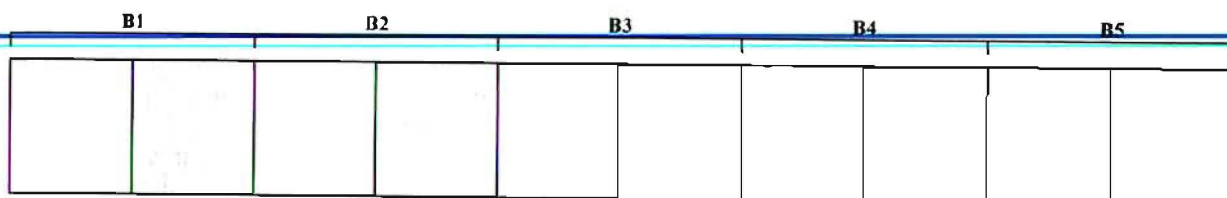
Traitement	Bloc 1			Bloc 2			Bloc 3			Bloc 4			MOYENNE		
	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total	commerc...	déchets	Total
Fu0 - F0	7,695	2,065	9,76	4,18	1,14	5,32	0	0	0	2,31	2,1	4,41	12,5	3,7	16,2
Fu0 - F1	10,05	2,8	12,85	8,25	0,9	9,15	4,62	1,35	5,97	6,65	1,7	8,35	24,6	5,5	30,1
Fu0 - F2	12,33	2,17	14,5	19,12	2,5	21,62	7,02	1,5	8,52	17,15	3,47	20,62	42,8	7,0	49,8
Fu1 - F0	11,18	3,88	15,06	11,81	2,45	14,26	4	2,8	6,8	3,9	2,55	6,45	28,0	9,8	37,7
Fu1 - F1	16,41	3,7	20,11	15,16	3,45	18,61	1,59	2,08	3,67	16,1	4,2	20,3	37,2	10,3	47,5
Fu1 - F2	28,63	5,325	33,955	14,625	2,76	17,385	0	0	0	17,32	3,61	20,93	47,6	9,0	56,6
Fu2 - F0	16,47	2,77	19,24	18,87	2,67	21,54	5,185	3,77	8,955	12,6	3,8	16,4	43,7	10,2	53,8
Fu2 - F1	22,46	4,3	26,76	20,92	6,15	27,07	3,74	2,5	6,24	23,12	10,55	33,67	52,9	15,6	68,5
Fu2 - F2	22,85	6	28,85	33,23	3,9	37,13	0,43	0,95	1,38	13,59	5,35	18,94	59,9	12,2	72,1

	commerc...	déchets	Total
Fu0	18,5	4,6	23,1
Fu1	37,6	9,7	47,3
Fu2	52,2	12,6	64,8
F0	28,0	7,9	35,9
F1	38,2	10,4	48,7
F2	50,1	9,4	59,5

	Fu0	Fu1	Fu2
F0	16,2	37,7	53,8
F1	30,1	47,5	68,5
F2	49,8	56,6	72,1



ESSAI TECHNIQUE DE BOUTURAGE DU GERANIUM SUR ARCHIS (COCATRE XVIII)



Rangs traditionnels (0,80 * 0,25)



Rangs jumelés (0,40 * 0,25 et 1,20 m entre les bandes)

ESSAI VARIÉTAL DE HARICOT - COURBE J


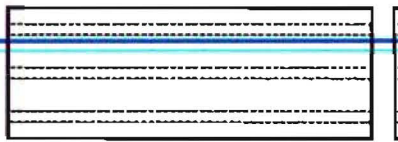
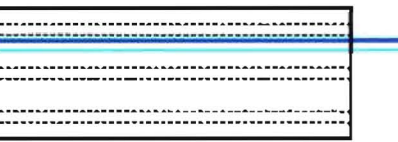


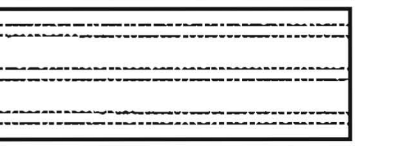
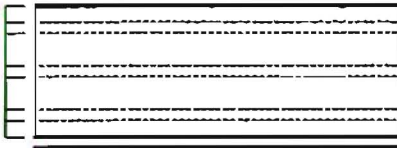

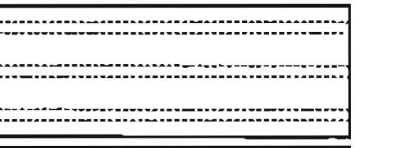



	B1			B2			B3			B4			B5		
3 m ou 3,60 m	IAPAR 44 V8 B1	Paulistina V5 B1	Europa Ouro V1 B1	IAPAR 20 V6 B2	Europa Ouro V1 B2	Rubi V3 B2	IAPAR 14 V2 B3	Rubi V3 B3	Paulistina V5 B3	IAPAR 44 V8 B4	IAPAR 14 V2 B4	IAPAR 20 V6 B4	Carlota V7 B5	Paulistina V5 B5	Rubi V3 B5
3 m ou 3,60 m	Marlet T0 B1	Taruma V4 B1	Carlota V7 B1	Marlet T0 B2	IAPAR 14 V2 B2	Paulistina V5 B2	Carlota V7 B3	IAPAR 20 V6 B3	Europa Ouro V1 B3	Taruma V4 B4	Rubi V3 B4	Paulistina V5 B4	Europa Ouro V1 B5	Taruma V4 B5	Marlet T0 B5
3 m ou 3,60 m	Rubi V3 B1	IAPAR 20 V6 B1	IAPAR 14 V2 B1	Taruma V4 B2	Carlota V7 B2	IAPAR 44 V8 B1	IAPAR 44 V8 B3	Marlet T0 B3	Taruma V4 B3	Europa Ouro V1 B4	Marlet T0 B4	Carlota V7 B4	IAPAR 14 V2 B5	IAPAR 20 V6 B5	IAPAR 44 V8 B5
	1,60 m			1,60 m			1,60 m								

VARIÉTÉS

- T0 = Marlet
- V1 = Europa Ouro
- V2 = IAPAR 14
- V3 = Rubi
- V4 = Taruma
- V5 = Paulistina
- V6 = IAPAR 20
- V7 = Carlota
- V8 = IAPAR 44

SEMIJS : 0,60 m x 0,20 m

ESSAI ECOBUAGE * RANGS JUMELES SUR GERANIUM (COCATRE XXIV)

0.4 0.8 0.8 0.8 0.8 0.4				B1
				B2
0.6 0.4 1.2 0.4 1.2 0.4 0.6				B3
				B4

 ECOBUAGE

 SANS ECOBUAGE

Traitement	Répétition	PV (g)	PS (g)	essence (ml)	Traitement	répétition	PV (g)	PS (g)	essence (ml)
B1 eco	1	500		0.2	B1 0eco	1	500		0.45
	2	500		0.3		2	500		0.7
	3	500		0.35		3	500		0.5
	4	500		0.5		4	500		0.75
	5	500		0.25		5	500		0.6
	Moyenne			0.32		Moyenne			0.6
B2 eco	1	500		0.5	B2 0eco	1	500		0.5
	2	500		0.8		2	500		0.55
	3	500		0.75		3	500		0.4
	4	500		0.35		4	500		0.35
	5	500		0.5		5	500		0.4
	Moyenne			0.58		Moyenne			0.44
B3 eco	1	500		0.65	B3 0eco	1	500		
	2	500		0.55		2	500		
	3	500		1.05		3	500		
	4	500		0.85		4	500		
	5	500		0.7		5	500		
	Moyenne			0.76					
B4 eco	1	500		0.6	B4 0eco	1	500		0.3
	2	500		0.4		2	500		0.5
	3	500		0.35		3	500		0.45
	4	500		0.75		4	500		0.8
	5	500		0.6		5	500		0.75
	Moyenne			0.46		Moyenne			0.56
		Moyenne		0.53		Moyenne			0.53
		ET		0.22		ET			0.16
		C.V.(%)		41.90		C.V.(%)			30.31

ESSAI ECOBUAGE * GERANIUM - COCATRE - 17/03/99

Traitement	Total (g)	Bois	%	Tige-Feuille	%	Bois/Feuille
B1 Oeco	500	180	36	320	64	56
	500	175	35	325	65	54
B2 Oeco	500	165	33	335	67	49
	500	175	35	325	65	54
B4 Oeco	475	145	31	335	71	43
Moyenne		168	34	328	66	51
ET		14	2	7	3	5
B1 eco	500	240	48	260	52	92
	500	250	50	250	50	100
B2 eco	500	220	44	280	56	79
	500	225	45	275	55	82
B3 eco	500	175	35	325	65	54
	500	190	38	310	62	61
B4 eco	500	185	37	315	63	59
	500	250	50	250	50	100
Moyenne		217	43	283	57	78
ET		30	6	30	6	19

RECOLTE DU 17/03/99

		ECHANTILLON 500 g			Parcelle (24 m²) Matière Verte (kg)	HA		
		Matière Sèche (g)	M.S. (%)	Teneur (ml)		Matière verte (kg)	Matière Sèche (kg)	Essence (l)
B1	Ligne			***	8,5	3542		***
	0 ECO			0,6	15	6250		7,500
	ECO			0,32	20,5	8542		5,467
B2	Ligne			***	3,5	1458		***
	0 ECO			0,44	5,2	2167		1,907
	ECO			0,58	23	9583		11,117
B3	Ligne				0	0		0,000
	0 ECO				0	0		0,000
	ECO			0,78	4,6	1917		2,913
B4	Ligne				0	0		0,000
	0 ECO			0,56	3,25	1354		1,517
	ECO			0,46	12,5	5208		4,792
MOYENNE	Ligne	***	***	***	3,0	1260	***	***
	0 ECO	#DIV/0!	#DIV/0!	0,63	6,9	2443	#DIV/0!	2,731
	ECO	#DIV/0!	#DIV/0!	0,63	16,2	6313	#DIV/0!	6,072

*** = Données manquantes

RECOLTE DU 17/03/99 (Données manquantes estimées)

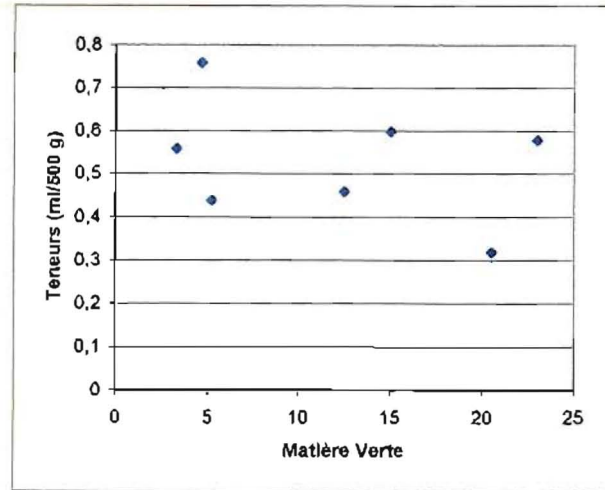
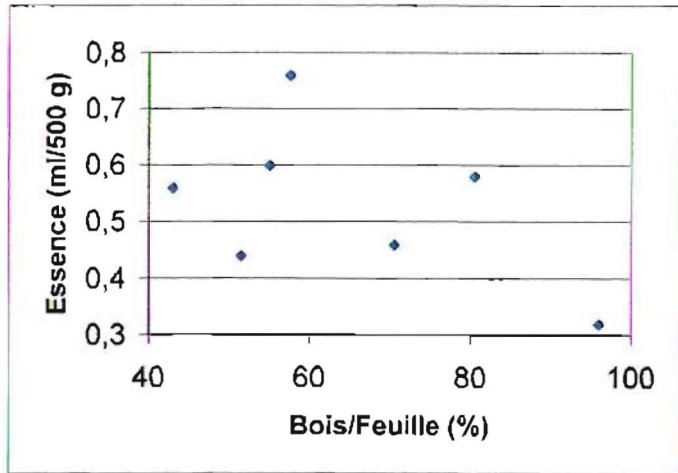
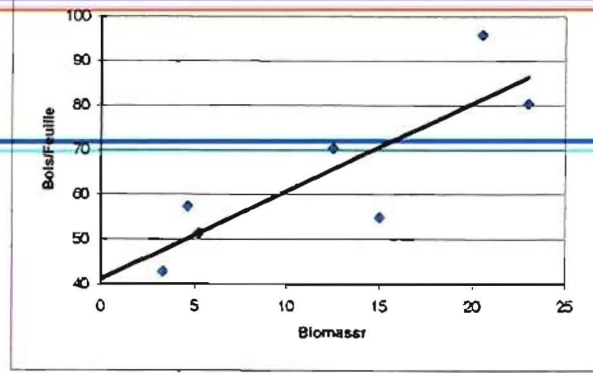
		ECHANTILLON 500 g			Parcelle (24 m²) Matière Verte (kg)	HA		
		Matière Sèche (g)	M.S. (%)	Teneur (ml)		Matière verte (kg)	Matière Sèche (kg)	Essence (l)
B1	Ligne			0,53	8,5	3542		3,754
	0 ECO			0,6	15	6250		7,500
	ECO			0,32	20,5	8542		5,467
B2	Ligne			0,53	3,5	1458		1,546
	0 ECO			0,44	5,2	2167		1,907
	ECO			0,58	23	9583		11,117
B3	Ligne				0	0		0,000
	0 ECO				0	0		0,000
	ECO			0,76	4,6	1917		2,913
B4	Ligne				0	0		0,000
	0 ECO			0,56	3,25	1354		1,517
	ECO			0,46	12,5	5208		4,792
MOYENNE	Ligne	***	***	0,63	3,0	1260	***	1,325
	0 ECO	#DIV/0!	#DIV/0!	0,63	6,9	2443	#DIV/0!	2,731
	ECO	#DIV/0!	#DIV/0!	0,63	16,2	6313	#DIV/0!	6,072

*** = Données manquantes

REGRESSIONS (17/03/99)

		Biomasse	Bois/Feuille	Teneurs
B1	0	15	55	0,6
	ECO	20,5	96	0,32
B2	0	5,2	54,6	0,44
	ECO	23	80,5	0,58
B3	0	0		
	ECO	4,6	57,5	0,76
B4	0	3,25	43	0,56
	ECO	12,5	70,5	0,46

		Coef.
Teneur	Bois/feuille	-0,61262831
Teneur	Biomasse	-0,36982118
Bois/feuille	Biomasse	0,844988177



ESSAI PAILLAGE GERANIUM - XXII et XXIII

0	Paille	Dactyle	Paille	0	Dactyle	0	Dactyle	Paille	0	Dactyle	Paille	0	Paille	Dactyle
B1			B2			B3			B4			B5		

Cocatre : Essai Pesticides

	avoine
	Ray-grass (Lolium perenne hybride)
	Lotier (Lotus uliginosus)
	Sol Nu

Lotier (semis le 23/3 à 8Kg/ha pour BI,BII,BIII,BIV,BV)

Parcelle élémentaire BI : 6,5m x 5m = 32,5m²

Bloc I (VIII-IX) semis du Ray-grass hybride (1,13 Kg/290 m² = 39 Kg/ha) le 22/3/1999

p12 avoine	p0 SN	p0 Lo	p12 SN	p12 Lo	p22 avoine	p11 RG	p21 SN	p21 RG	p0 avoine
p0 RG	p11 SN	p22 Lo	p12 RG	p22 RG	p11 Lo	p11 avoine	p21 avoine	p21 Lo	p22 SN

Bloc II (ABC) semis du Ray-grass hybride (1,13 Kg/290 m² = 39 Kg/ha) le 19/3/1999
5,8 m

5m	p0 Lo	p0 avoine	p12 Lo	p21 avoine	p21 SN
	p12 SN	p22 Lo	p11 SN	p12 avoine	p22 SN
	p0 SN	p21 Lo	p11 avoine	p0 RG	p12 RG
	p22 avoine	p11 RG	p11 Lo	p22 RG	p21 RG

Bloc III (ABC) Semis du Ray-grass hybride (1,13 Kg/290 m² = 39 Kg/ha) le 19/3/1999

p12 RG	p12 SN	p12 Lo	p21 avoine	p12 avoine
p0 RG	p22 SN	p0 avoine	p11 SN	p11 avoine
p21 RG	p11 Lo	p22 Lo	p22 RG	p21 Lo
p0 SN	p21 SN	p11 RG	p22 avoine	p0 Lo

Bloc IV (37-38) semis du Ray-grass hybride (1,13 Kg/290 m² = 39 Kg/ha) le 22/3/1999
parcelle élémentaire BIV : 7m x 3m = 21m²

p12 SN	p11 RG	p0 SN	p22 avoine	p11 SN	p21 avoine	p0 Lo	p22 RG	p22 Lo	p12 RG
p12 avoine	p0 avoine	p22 SN	p11 avoine	p12 Lo	p21 SN	p0 RG	p11 Lo	p21 RG	p21 Lo

Bloc V (40-41) parcelle élémentaire : 6m x 3,5m = 21m² (1/2 sur parcelle 40 et 41)

p22 Lo	p0 avoine	p21 RG	p22 SN	p21 avoine	1/2 bloc sur parcelle 41
p12 RG	p0 SN	p22 RG	p21 Lo	p11 avoine	

p21 SN	p11 SN	p0 Lo	p0 RG	p12 avoine	1/2 bloc sur parcelle 40
p11 RG	p11 Lo	p12 SN	p12 Lo	p22 avoine	

semis du Ray-grass hybride, du lotier et de l'avoine le 31/3

• Résultats partiels expérimentations Colimaçons

TEST VARIETAL DE BIOMASSE - COLIMACONS - SEPTEMBRE 1998

	0,8	0,4																									
4 m	1	A 1	A 2	A 3	A 4	2	A 5	A 6	A 7	A 8	3	B 1	B 2	B 3	B 4	4	B 5	B 6	B 7	B 8	5	B 9	B 10	B 11	B 12	B 13	6
	7	A 8	A 7	A 6	A 5	8	A 4	A 3	A 2	A 1	9	B 13	B 12	B 11	B 10	10	B 9	B 8	B 7	B 6	11	B 5	B 4	B 3	B 2	B 1	12
	13	O 1	O 2	O 3	14	O 4	O 5	O 6	O 7	15	O 8	O 9	O 10	O 11	16	T 1	T 2	T 3	T 4	17	Se	Se	18				
	19	O 11	O 10	O 9	20	O 8	O 7	O 6	O 5	21	O 4	O 3	O 2	O 1	22	T 4	T 3	T 2	T 1	23	Se	Se	24				



Témoin intercallé - Avoine (Ebène)

ORGE

- O1 Mada
- O2 Névada
- O3 Prisma
- O4 Scarlett
- O5 Cécilia
- O6 Amilis
- O7 Sonora
- O8 Angela
- O9 Alpha
- O10 Fédora
- O11 912803

BLE

- B1 Andry 91
- B2 Enesco
- B3 Cézanne
- B4 Cadenza
- B5 Filou
- B6 Pégassos
- B7 Courtot
- B8 Rénan
- B9 Eureka
- B10 Argelés
- B11 Duriac
- B12 Audace
- B13 Moldau

AVOINE

- A1 151 (Mada)
- A2 Belotte
- A3 Shetland
- A4 Poney
- A5 Révisor
- A6 Fringante
- A7 Gérald
- A8 Sirène

TRITICALE

- T1 Calao
- T2 Mustral
- T3 Colossal
- T4 Mare 55 (Mada)

SEIGLE

- Se Clou

SARRASIN

- Sa La Harpe

TEST DE BIOMASSE - SEMIS LE 15/09/98
 VARIETES DE TRITICALE, SEIGLE ET SARRASIN

Surface élémentaire = 1,60 m²

		ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
		Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B2	T16	1030	340	33	3,291	1,086	20569	6790		
	Tr1	260	135,8	52	0,984	0,514	6150	3212	30	62
	Tr2	910	280	31	2,908	0,895	18175	5592	89	108
	Tr3	345	137,5	40	1,95	0,777	12188	4857	60	94
	Tr4	600	190	32	1,966	0,623	12288	3891	60	75
	T17	970	170	18	3,236	0,567	20225	3545		
	Sa									
	Se1	535	126	24	1,8	0,424	11250	2650	69	54
	T18	515	255	50	2	0,990	12500	6189		

B1	T23	970	295	30	4,331	1,317	27069	8232		
	Tr1	195	102,8	53	1	0,527	6250	3295	25	41
	Tr2	300	152,9	51	1,3	0,663	8125	4141	33	52
	Tr3	350	149	43	1,85	0,788	11563	4922	46	62
	Tr4	550	200	36	1,916	0,697	11975	4355	48	55
	T22	605	205	34	3,657	1,239	22856	7745		
	T24	865	260	30	3,386	1,018	21163	6361		
	Sa									
	Se1	270	86,9	32	1,75	0,563	10938	3520	45	48
	T23	970	295	30	4,331	1,317	27069	8232		

MOYENNE	Parcelle		Hectare		% Témoin	
	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.
Témoin	3,462	1,076	21636	6728	100	100
Tr1	0,992	0,521	6200	3254	28	52
Tr2	2,104	0,779	13150	4867	61	80
Tr3	1,900	0,782	11875	4890	53	78
Tr4	1,941	0,660	12131	4123	54	65
Sa						
Se1	1,775	0,494	11094	3085	57	51

Surface élémentaire = 1,60 m²

		ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
		Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B1	T3	690	205	29,7	5,1	1,513	31873	9470		
	B1	430	165	38,4	2,619	1,005	16369	6281	48	64
	B2	400	175,9	44,0	2,45	1,077	15313	6734	45	69
	B3	554	187,4	33,8	2,15	0,727	13438	4543	39	47
	B4	500	235	47,0	2,698	1,268	16863	7925	49	81
	T4	870	240	27,6	5,82	1,606	26375	10034		
	B5	750	310	41,3	1,6	0,661	10000	4133	29	42
	B6	480	161,1	33,5	7,25	1,527	45313	9544	133	28
	B7	545	210	38,5	0,9	0,347	5625	2167	16	22
	B8	460	133,7	29,1	3,7	1,075	23125	6771	68	69
	T5	910	270	29,7	5,1	1,513	31875	9457		
	B9	371	154,9	41,7	2,5	0,922	15625	3766	38	70
	B10	635	255	40,2	1,839	0,738	11494	4616	43	56
	B11	600	234	39,0	1,6	0,624	10000	3900	37	48
B12	490	133,5	27,2	6,8	1,853	42500	11579	158	141	
B13	389	132,8	34,1	5,45	1,861	34063	11629	127	142	
T6	645	205	31,8	3,5	1,112	21875	6953			

B1	T14	743	250	33,6	4,388	1,472	27425	9203		
	B1	480	170	35,4	2,43	0,861	15188	5379	50	56
	B2	240	121,9	50,8	1,75	0,889	10938	5555	36	58
	B3	315	139,3	44,2	1,25	0,553	7813	3455	26	36
	B4	310	240	77,4	2,707	1,274	16919	7962	55	83
	B5	750	270	36,0	1,869	0,675	11681	4205	38	44
	T11	915	270	29,5	5,378	1,587	33613	9918		
	B6	440	125	28,4	4,5	1,278	28125	7990	82	91
	B7	545	210	38,5	1,179	0,454	7369	1839	21	32
	B8	460	104,5	22,7	3,27	0,743	20438	4643	59	53
	B9	365	163,6	44,8	2,75	1,233	17188	7704	50	88
	T10	1090	235	21,6	5,661	1,220	35381	7628		
	B10	625	275	43,3	1,39	0,602	8688	3762	31	56
	B11	780	310	39,7	1,584	0,550	8650	3438	31	51
B12	280	118,9	42,5	3,25	1,380	20313	8626	72	128	
B13	260	93,1	35,8	2,4	0,859	15000	5371	53	80	
T9	810	227	28,0	3,544	0,937	20900	5857			

MOYENNE	Parcelle		Hectare		% Témoin	
	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.
Témoin	4,786	1,370	29913	8563	100	100
B1	2,525	0,933	15778	5830	49	60
B2	2,100	0,983	13125	6145	40	64
B3	1,700	0,640	10625	4000	32	41
B4	2,703	1,271	14891	7944	52	82
B5	1,735	0,667	10841	4169	34	43
B6	3,875	1,463	36719	8767	107	95
B7	1,040	0,401	6497	2503	19	27
B8	3,485	0,909	21781	5682	64	61
B9	2,625	1,078	16406	6735	54	79
B10	1,615	0,670	10091	4189	37	56
B11	1,492	0,587	9325	3669	34	49
B12	5,025	1,616	31406	10102	115	133
B13	3,925	1,360	24531	8500	90	111

Surface élémentaire = 1,60 m²

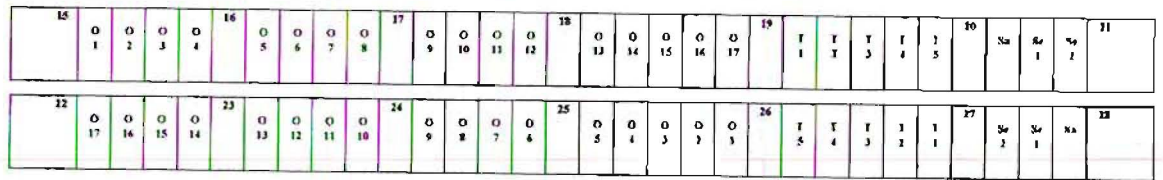
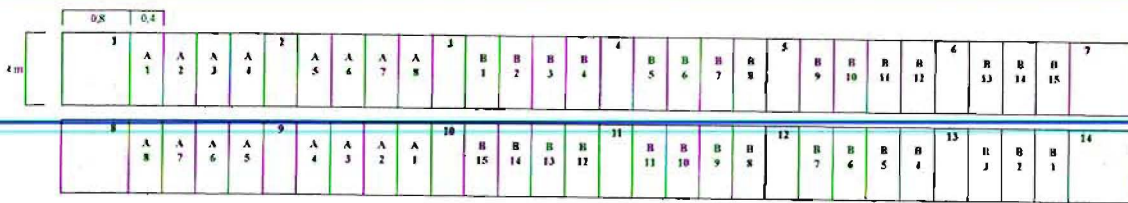
		ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
		Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Séche	Mat. Verte	Mat. Séche	Mat. Verte	Mat. Séche
B2	T13	930	240	26	5,298	1,393	33728	8706		
	O1	260	160	44	1,430	0,626	8950	3070	23	37
	O2	390	135	35	1,513	0,524	9456	3273	23	31
	O3	425	175	41	1,541	0,635	9631	3966	24	37
	T14	1120	295	26	7,61	2,004	47563	12328		
	O4	330	150	45	1,436	0,653	8975	4080	25	41
	O5	540	190	35	1,619	0,570	10119	3560	28	35
	O6	250	148,2	59	2,2	1,304	13750	8151	38	81
	O7	200	97,5	49	1,2	0,634	8125	3961	23	39
	T15	830	260	31	3,861	1,209	24131	7559		
	O8	270	119,5	44	1,26	0,558	7875	3485	35	49
	O9	549	166	31	3,2	0,984	20000	6148	89	86
	O10	470	150	32	2,359	0,753	14744	4705	66	66
	O11	400	131,4	33	1,85	0,608	11563	3798	52	53
	T16	1030	340	33	3,291	1,086	20569	6790		
	B1	T22	605	205	34	3,657	1,239	22836	7745	
O1		360	160	44	1,461	0,649	9131	4058	45	57
O2		390	150	38	1,784	0,686	11150	4288	55	61
O3		450	160	36	1,565	0,556	9781	3478	48	49
O4		320	150	47	1,418	0,665	8863	4154	44	59
T21		840	305	36	2,828	1,027	17675	6418		
O5		465	170	37	1,498	0,548	9963	3423	45	47
O6		415	97,9	24	1,8	0,425	11250	2654	54	36
O7		200	106,2	53	1,5	0,797	9375	4978	45	68
O8		270	103,9	38	1,65	0,635	10313	3968	50	54
T20		810	280	35	3,833	1,325	23956	8281		
O9		270	103,1	28	2,25	0,627	14063	3918	71	54
O10		280	125	45	1,174	0,524	7338	3276	37	45
O11		360	100,9	28	1,5	0,420	9375	2628	48	36
T19		580	235	41	2,476	1,003	15475	6270		

MOYENNE	Parcelle		Hectare		% du Témoin	
	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.
Témoin	4,119	1,286	25745	8037	100	100
O1	1,447	0,643	9041	4018	34	47
O2	1,649	0,605	10303	3781	29	46
O3	1,553	0,595	9706	3722	36	43
O4	1,427	0,659	8919	4117	34	50
O5	1,559	0,559	9741	3492	37	41
O6	2,000	0,864	12500	5402	46	59
O7	1,400	0,715	8750	4470	34	54
O8	1,455	0,596	9094	3727	32	51
O9	2,725	0,805	17031	5032	50	70
O10	1,767	0,638	11041	3991	52	55
O11	1,675	0,514	10469	3213	50	45

Surface élémentaire = 1,50 m²

		ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
		Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B2	T1	970	275	28	3,75	1,063	23438	6645		
	A1	600	225	38	3,2	1,200	20000	7500	82	85
	A2	730	250	34	4	1,370	25000	8562	103	96
	A3	870	325	37	3,1	1,158	19375	7238	79	82
	A4	650	165	25	2	0,508	12500	3173	51	36
	T2	570	250	44	4,05	1,776	25313	11102		
	A5	815	255	31	5,4	1,690	33750	10560	118	103
	A6	1025	285	28	6	1,668	37500	10427	131	101
	A7									
	A8	915	225	25	5,427	1,335	33919	8341	119	81
T3	690	205	30	5,1	1,515	31875	9470			
B1	T9	810	227	28	3,344	0,937	20900	5857		
	A1	440	225	51	2,3	1,176	14375	7351	80	147
	A2	855	250	29	3,283	0,960	20519	6000	115	120
	A3	745	225	30	2,466	0,745	15413	4655	86	93
	A4	610	210	34	3,055	1,052	19094	6573	107	131
	T8	610	171	28	2,384	0,668	14900	4177		
	A5	920	245	27	3,904	1,040	24400	6498	150	142
	A6	755	175	23	3,404	0,789	21275	4931	131	108
	A7									
	A8	885	275	31	2,722	0,846	17013	5286	105	116
	T7	530	149	28	2,818	0,792	17613	4951		

MOYENNE	Parcelle		Hectare		% du Témoin	
	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.
Témoin	3,57	1,13	22340	7034	100	100
A1	2,75	1,19	17188	7425	81	116
A2	3,64	1,16	22759	7281	109	108
A3	2,78	0,95	17394	5946	83	87
A4	2,53	0,78	15797	4873	79	83
A5	4,65	1,36	29075	8529	134	125
A6	4,70	1,23	29388	7679	131	105
A7						
A8	4,07	1,09	25466	6814	112	98



Terrain intercalé = Avoine (Ebene)

ORGE

- O1 Mada
- O2 Nevada
- O3 Prima
- O4 Scarlet
- O5 Coelia
- O6 Arilla
- O7 Sonora
- O8 Angela
- O9 Alpha
- O10 Fédora
- O11 912803
- O12 Armonie
- O13 Jemaique
- O14 Lagune 1
- O15 Lagune 2
- O16 Maeva
- O17 Amazone

BLE

- B1 Andry 91
- B2 Einesco
- B3 Cosmone
- B4 Cadence
- B5 Filou
- B6 Papyrus
- B7 Ceartot
- B8 Réan
- B9 Eureka
- B10 Argelès
- B11 Dunac
- B12 Audace
- B13 Moldau
- B14 Sirifour
- B15 Valois

AVOINE

- A1 151 (Mada)
- A2 Belotte
- A3 Shotland
- A4 Fény
- A5 Révator
- A6 Frangente
- A7 Gerald
- A8 Seine

TRITICALE

- T1 Cadix
- T2 Mostral
- T3 Colossal
- T4 Maze 55 (Mada)
- T5 Boteux

SEIGLE

- Ss1 Cysu
- Ss2 Espri

SARRASIN

- Ss La Harpe

Surface élémentaire = 1,60 m²

		ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
		Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B2	T1				0,8		5000			
	A1				1,7		10625		213	
	A2				0,8		5000		100	
	A3				0,75		4688		94	
	A4				0,9		5625		113	
	T2				0,8		5000			
	A5				1,5		9375		167	
	A6				1,8		11250		200	
	A7				0,6		3750		57	
	A8				1,2		7500		133	
	T3				1		6250			

B1	T10				1,7		10625			
	A1	240			2,8		17500		200	
	A2				1,2		7500		86	
	A3				1,2		7500		86	
	A4				1		6250		71	
	T9				1,1		6875			
	A5				1,4		8750		117	
	A6				1,7		10625		142	
	A7				0,7		4375		58	
	A8				1,7		10625		142	
	T8				1,3		8125			

MOYENNE	Parcelle	Hectare	% du Témoin
Témoin	1,12	6979	100
A1	2,25	14063	206
A2	1,00	6250	93
A3	0,98	6094	90
A4	0,95	5938	92
A5	1,45	9063	142
A6	1,75	10938	171
A7	0,65	4063	63
A8	1,45	9063	138

TEST DE BIOMASSE - SEMIS LE 15/11/98
 VARIETES D'ORGE

Surface élémentaire = 1,60 m²

	ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin		
	Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	
B2	T15			0,7		4375				
	O1			0,8		5000		76		
	O2			0,9		5625		86		
	O3			1		6250		95		
	O4			1		6250		95		
	T16				1,4		8750			
	O5				0,8		5000		53	
	O6				1,3		8125		87	
	O7				2,4		15000		160	
	O8				2		12500		133	
	T17				1,6		10000			
	O9				1,4		8750		85	
	O10				2,5		15625		152	
	O11				3		18750		182	
	O12				2		12500		121	
	T18				1,7		10625			
	O13				2,9		18125		171	
	O14				2,1		13125		124	
	O15				3		18750		176	
O16				2,2		13750		129		
O17				1,7		10625		100		
T19				1,7		10625				
B1	T26			1,8		11250				
	O1			1,3		8125		87		
	O2			1,4		8750		93		
	O3			1,1		6875		73		
	O4			0,9		5625		60		
	O5			1		6250		67		
	T25				1,2		7500			
	O6				1,2		7500		86	
	O7				2,7		16875		193	
	O8				2,1		13125		150	
	O9				3,9		24375		279	
	T24				1,6		10000			
	O10				2,6		16250		163	
	O11				3,6		22500		225	
	O12				2,4		15000		150	
	O13				2,6		16250		163	
	T23				1,6		10000			
	O14				2,6		16250		193	
	O15				2,8		17500		207	
O16				2,8		17500		207		
O17				2,5		15625		185		
T22				1,1		6875				

MOYENNE	Parcelle	Hectare	% Témoin
Témoin	1,44	9000	100
O1	1,05	6562,5	81
O2	1,1	6875	85
O3	1,05	6562,5	84
O4	0,95	5937,5	78
O5	0,9	5625	60
O6	1,25	7812,5	86
O7	2,55	15937,5	176
O8	2,05	12812,5	142
O9	2,65	16562,5	182
O10	2,55	15937,5	157
O11	3,3	20625	203
O12	2,2	13750	136
O13	2,75	17187,5	167
O14	2,35	14687,5	158
O15	2,9	18125	192
O16	2,5	15625	168
O17	2,1	13125	143

TEST DE BIOMASSE - SEMIS LE 15/11/98
VARIETES DE BLE

Surface élémentaire = 1,60 m²

	ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		- BIOMASSE/HA		% du Témoin	
	Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B2	T3			1		6250			
	B1			0,7		4375		52	
	B2			1,8		11250		133	
	B3			1,9		11875		141	
	B4			1,4		8750		104	
	B4			1,7		10625			
	B5			1,2		7500		60	
	B6			3,2		20000		160	
	B7			0,6		3750		30	
	B8			2,5		15625		125	
	B5			2,3		14375			
	B9			4,6		28750		192	
	B10			0,6		3750		25	
	B11			0,6		3750		25	
	B12			2,8		17500		117	
	B6			2,5		15625			
	B13			2,8		17500		151	
B14			2,6		16250		141		
B15			1,7		10625		92		
B7			1,2		7500				
B1	T14			1,2		7500			
	B1			1		6250		56	
	B2			1,8		11250		100	
	B3			2,4		15000		133	
	T13			2,4		15000			
	B4			2,3		14375		94	
	B5			2		12500		82	
	B6			2,8		17500		114	
	B7			1,5		9375		61	
	T12			2,5		15625			
	B8			2		12500		83	
	B9			4		25000		167	
	B10			0,8		5000		33	
	B11			1,5		9375		63	
	T11			2,3		14375			
	B12			2,5		15625		125	
	B13			2,4		15000		120	
B14			2,2		13750		110		
B15			2,5		15625		125		
T10			1,7		10625				

MOYENNE	Parcelle	Hectare	% Témoin
Témoin	2	11750	100
B1	0,85	5313	54
B2	1,8	11250	117
B3	2,15	13438	137
B4	1,85	11563	99
B5	1,6	10000	71
B6	3	18750	137
B7	1,05	6563	46
B8	2,25	14063	104
B9	4,3	26875	179
B10	0,7	4375	29
B11	1,05	6563	44
B12	2,65	16563	121
B13	2,6	16250	136
B14	2,4	15000	125
B15	2,1	13125	108

TEST DE BIOMASSE - SEMIS LE 15/11/98
 VARIETES DE TRITICALE, SEIGLE ET SARRASIN

Surface élémentaire = 1,60 m²

	ECHANTILLON			PARCELLE (kg)		BIOMASSE/HA		% du Témoin	
	Poids Vert	Poids Sec	M.S. (%)	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche	Mat. Verte	Mat. Sèche
B2	T19			1		6250			
	Tr1			0,7		4375		64	
	Tr2			1,8		11250		164	
	Tr3			1,9		11875		173	
	Tr4			1,4		8750		127	
	Tr5			1,7		10625		155	
	T20			1,2		7500			
	Sa			3,2		20000		183	
	Se1			0,6		3750		34	
	Se2			2,5		15625		143	
T21			2,3		14375				
B1	T27			1,2		7500			
	Tr1			1		6250		63	
	Tr2			1,8		11250		113	
	Tr3			2,4		15000		150	
	Tr4			2,4		15000		150	
	Tr5			2,3		14375		144	
	T26			2		12500			
	T28			2,8		17500			
	Sa			1,5		9375		44	
	Se1			2,5		15625		74	
	Se2			2		12500		59	
	T27			4		25000			

MOYENNE	Parcelle	Hectare	% Témoin
Témoin	2	12946	100
Tr1	0,85	5313	63
Tr2	1,8	11250	138
Tr3	2,15	13438	161
Tr4	1,9	11875	139
Tr5	2	12500	149
Sa	2,35	14688	113
Se1	1,55	9688	54
Se2	2,25	14063	101



Témoïn intercallé - Avoine (Ebène)

ORGE

- O1 Mada
- O2 Névéda
- O3 Prisma
- O4 Scarlett
- O5 Cécilia
- O6 Amélia
- O7 Sonora
- O8 Angela
- O9 Alpha
- O10 Fédora
- O11 91280.3
- O12 Armoric
- O13 Jamaïque
- O14 Lagune 1
- O15 Lagune 2
- O16 Maeva
- O17 Amarine

BLE

- B1 Andry 91
- B2 Enesco
- B3 Cezanne
- B4 Cadenza
- B5 Filou
- B6 Pégasos
- B7 Courtot
- B8 Rénan
- B9 Eureka
- B10 Angeles
- B11 Durtae
- B12 Audace
- B13 Moldau
- B14 Skirlou
- B15 Valois

AVOINE

- A1 151 (Mada)
- A2 Belotte
- A3 Sherland
- A4 Poney
- A5 Révisor
- A6 Fringante
- A7 Gérald
- A8 Sirène

TRITICALE

- T1 Calao
- T2 Mistrat
- T3 Colossal
- T4 Mire 55 (Mada)
- T5 Borzas

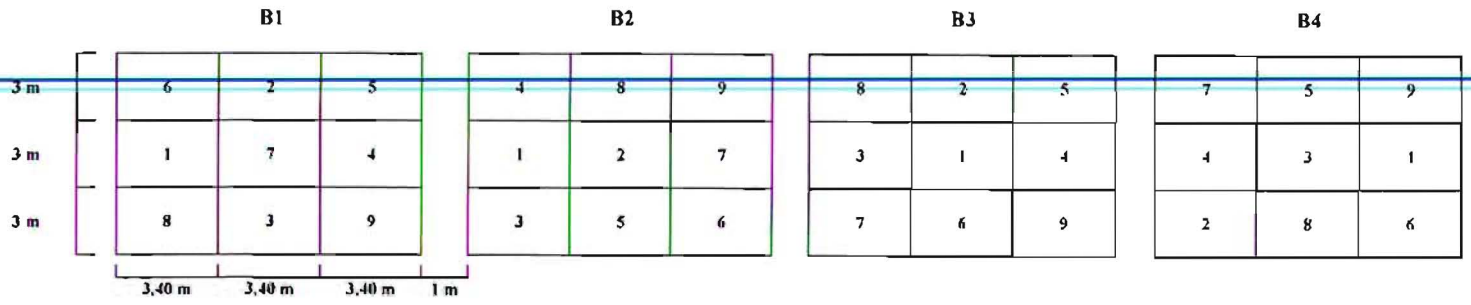
SEIGLE

- Se1 Clou
 - Se2 Espnt
- SARRASIN**
- Sa La Harpe

DACTYLE

- D
- RAY-GRASS**
- Ra h Hybride
 - Ra a Anglan

ESSAI VARIETAL RIZ PLUVIAL - COLIMA CONS



VARIETES DE RIZ

- 1 FOFIFA 62
- 2 FOFIFA 64
- 3 FOFIFA 116
- 4 FOFIFA 133
- 5 FOFIFA 134
- 6 FOFIFA 151
- 7 FOFIFA 152
- 8 FOFIFA 153
- 9 FOFIFA 154

Plantation : Poquets 0,20 x 0,20 (4-5 grains)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46

	Box 1		Box 2		Box 3		Box 4		MUCUNA		BOLEQUE												
	BOLEQUE		MUCUNA		Box 4		Box 3		Box 2		Box 1												

Données de base (kg/ha)

MUCUNA

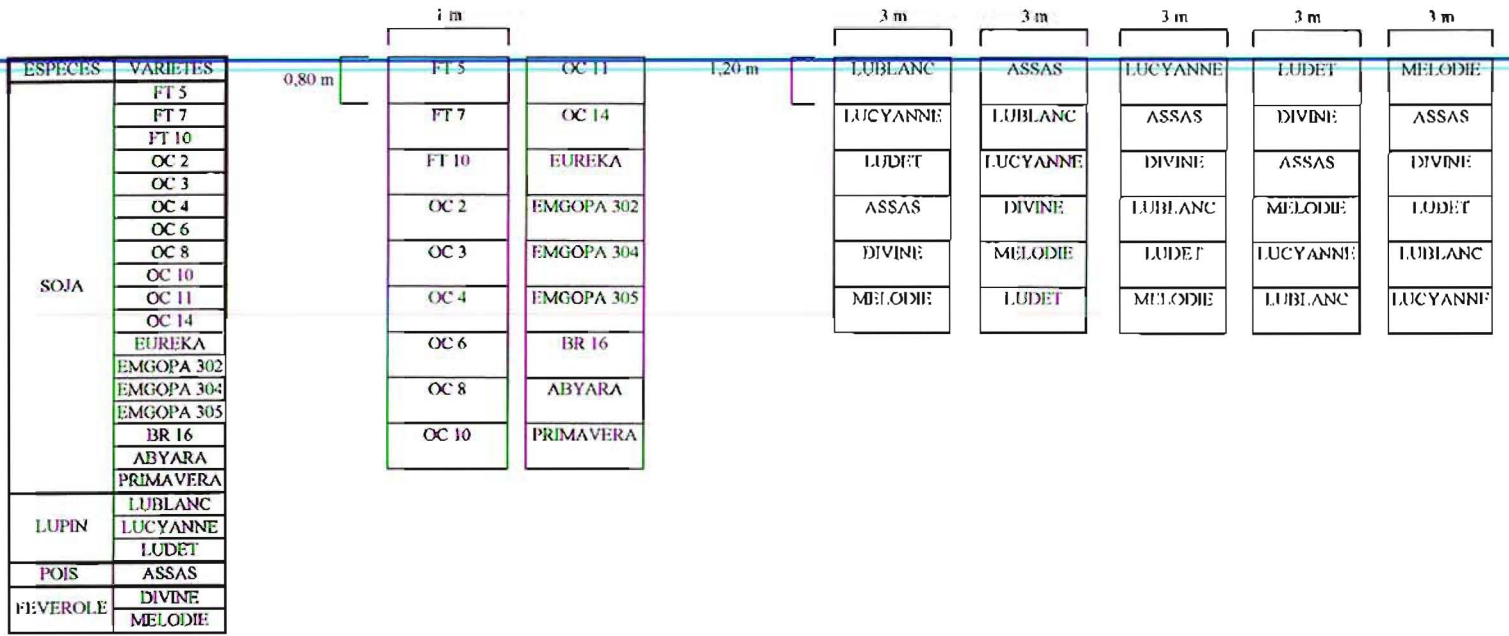
BOLEQUE

- BRACCHIALE**
- Box 1 3 Crotone
 - Box 2 3 Bouda
 - Box 3 3 Bouda
 - Box 4 3 Bouda

ÉVALUÉS CORCOSA

81	0.1.01	812	05.1.01
82	0.1.2.01	813	05.1.02
83	0.1.3.01	814	05.1.03
84	0.1.4.01	815	05.1.04
85	0.1.5.01	816	05.1.05
86	0.1.6.01	817	05.1.06
87	0.1.7.01	818	05.1.07
88	0.1.8.01	819	05.1.08
89	0.1.9.01	820	05.1.09
90	0.1.10.01	821	05.1.10
91	0.1.11.01	822	05.1.11
92	0.1.12.01	823	05.1.12

TEST VARIETAL DE LEGUMINEUSES

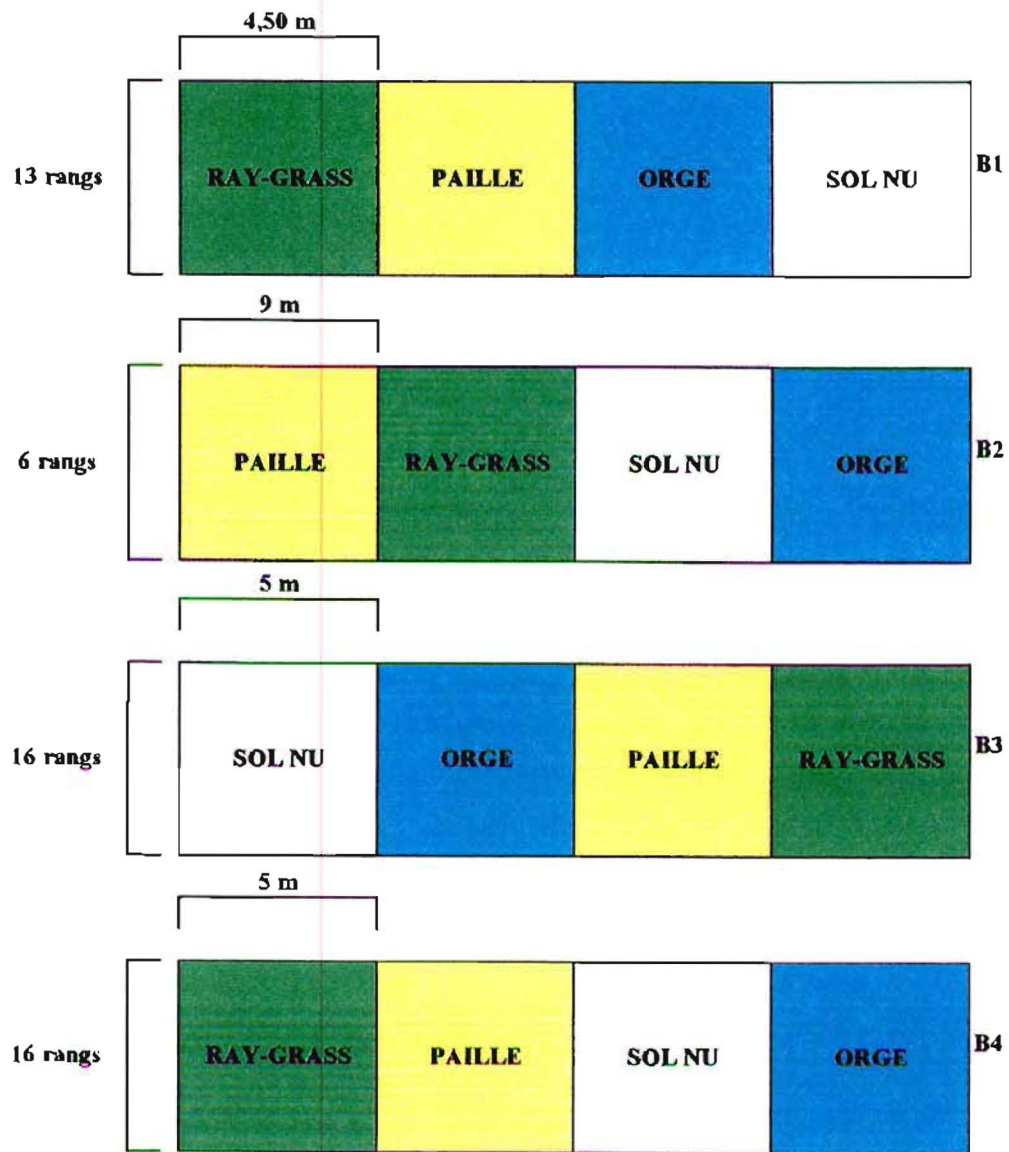


- Expérimentations chez les agriculteurs
 - *Géranium* x couvertures
 - Haricot x couvertures
 - Tests riz pluvial
 - Production de biomasse d'avoine

GERANIUM + COUVERTURE SUR SOL ERODE (J.P. FONTAINE)

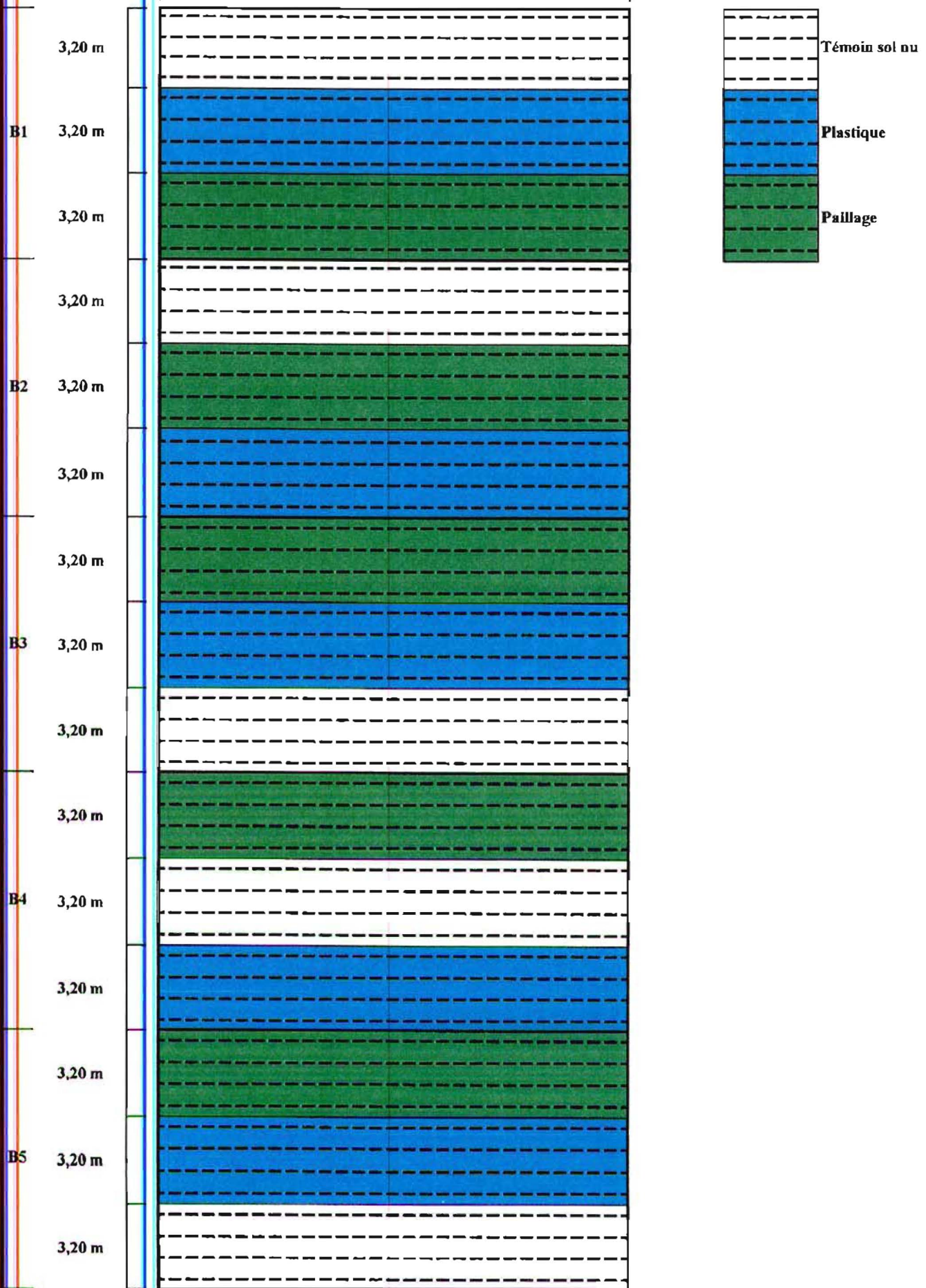
	B1 13 m	B3 13 m	B5 13 m
4 m (5 ou 6 rangs)	T0	Ray-Grass	T0
4 m (5 ou 6 rangs)	Ray-Grass	Paille	Ray-Grass
4 m (5 ou 6 rangs)	Sténophrum	Chien-Dent	Sténophrum
4 m (5 ou 6 rangs)	Chien-Dent	Sténophrum	Chien-Dent
4 m (5 ou 6 rangs)	Paille	T0	Paille
	T0	Sténophrum	Paille
	Ray-Grass	Chien-Dent	Chien-Dent
	Paille	T0	T0
	Chien-Dent	Paille	Ray-Grass
	Sténophrum	Ray-Grass	Sténophrum
	B2	B4	B5

GERANIUM SUR PARCELLE DEFFRICHEE - J.P. FONTAINE

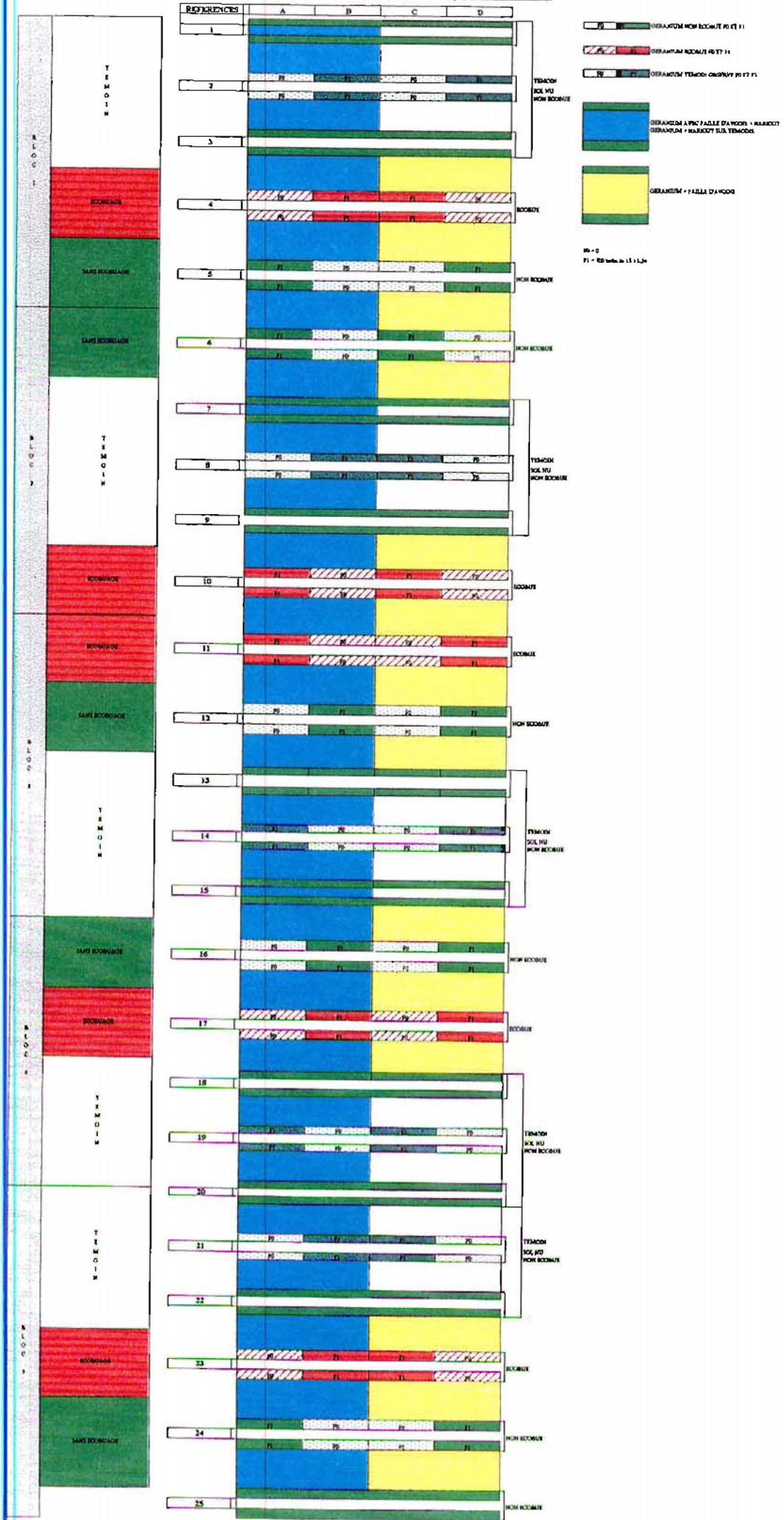


ESSAI GERANIUM SUR PLASTIQUE - J.P. FONTAINE

20 m



GERANIUM AVEC RECHARGE EN BIOMASSE (AVOINE)



		Echantillon			Surface	Poids vert parcel.	Poids vert /ha	M.S./ha
		Poids vert	Poids sec	M.S. (%)				
B1	T0				44,8	4	893	
	AVOINE				44,8	5	1116	
	AVOINE + ECO				44,8	11	2455	
B2	T0				44,8	0,3	67	
	AVOINE				44,8	1,5	335	
	AVOINE + ECO				44,8	5	1116	
B3	T0				44,8	2,5	558	
	AVOINE				44,8	4,5	1004	
	AVOINE + ECO				44,8	8	1786	
B4	T0				44,8	2,4	536	
	AVOINE				44,8	2,4	536	
	AVOINE + ECO				44,8	12	2679	
B5	T0				44,8	2,5	558	
	AVOINE				44,8	0	0	
	AVOINE + ECO				44,8	6	1339	
		MOYENNES			T0	2,34	522	#DIV/0!
					AVOINE	2,68	598	#DIV/0!
					AVOINE + ECO	8,4	1875	#DIV/0!

GERANIUM AVEC ARACHIS

REFERENCES	A	B	C	D
------------	---	---	---	---

43	F1				TEMOIN SOL NU NON ECOBUE
44	F0	F1	F0	F1	
45	F1				1.20 m
46	F0	F1	F0	F1	
47	F1	F0	F0	F1	NON ECOBUE
48	F1	F0	F0	F1	ECOBUE
49	F0	F1	F0	F1	NON ECOBUE
50	F1				TEMOIN SOL NU NON ECOBUE
51	F0	F1	F1	F0	
52	F1				1.20 m
53	F0	F0	F1	F0	
54	F1	F0	F0	F1	NON ECOBUE
55	F0	F1	F1	F0	ECOBUE
56	F1	F0	F1	F0	NON ECOBUE
57	F1				TEMOIN SOL NU NON ECOBUE
58	F0	F1	F0	F1	
59	F1				

F0 F1 GERANIUM NON ECOBUE F0 ET F1

F0 F1 GERANIUM ECOBUE F0 ET F1

HARICOT SUR SOL NU

ARACHIS + HARICOT

SOL NU sans haricot

ARACHIS sans haricot

F0 = 0

F1 = 700 kg/ha dc 15-12-24

		Echantillon			Surface	Poids vert parcel.	Poids vert /ha	M.S./ha
		Poids vert	Poids sec	M.S. (%)				
B1	NON ECOBUE				38,4	4	1042	
	ECOBUE				38,4	4	1042	
B2	NON ECOBUE				38,4	2	521	
	ECOBUE				38,4	1,5	391	
B3	NON ECOBUE				38,4	1,5	391	
	ECOBUE				38,4	4	1042	
B4	NON ECOBUE				38,4	5	1302	
	ECOBUE				38,4	0	0	
MOYENNES					NON ECOBUE	3,125	814	#DIV/0!
					ECOBUE	2,375	618	#DIV/0!

T1				38,4	1	260	
T2				38,4	1,5	391	
T3				38,4	4	1042	
Moyenne du témoin	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	38,4	2,167	564	#DIV/0!

GERANIUM AVEC KIKUYU

REFERENCES	A	B	C	D
26	F1			
27	F0	F1	F0	F1
28	F1			
29	F0	F1	F0	F1
30	F1	F0	F0	F1
31	F1	F0	F0	F1
32	F0	F1	F0	F1
33	F1			
34	F0	F1	F1	F0
35	F1			
36	F0	F0	F1	F0
37	F1	F0	F0	F1
38	F0	F1	F1	F0
39	F1	F0	F1	F0
40	F1			
41	F0	F1	F0	F1
42	F1			

F0 F1 GERANIUM NON ECOBUE F0 ET F1

F0 F1 GERANIUM ECOBUE F0 ET F1

HARICOT SUR SOL NU

KIKUYU + HARICOT

SOL NU sans haricot

KIKUYU sans haricot

TEMOIN
SOL NU
NON ECOBUE

1.20 m

ECOBUE

NON ECOBUE

ECOBUE

NON ECOBUE

TEMOIN
SOL NU
NON ECOBUE

ECOBUE

NON ECOBUE

ECOBUE

NON ECOBUE

TEMOIN
SOL NU
NON ECOBUE

F0 = 0

F1 = 700 kg/ha de 15-12-24

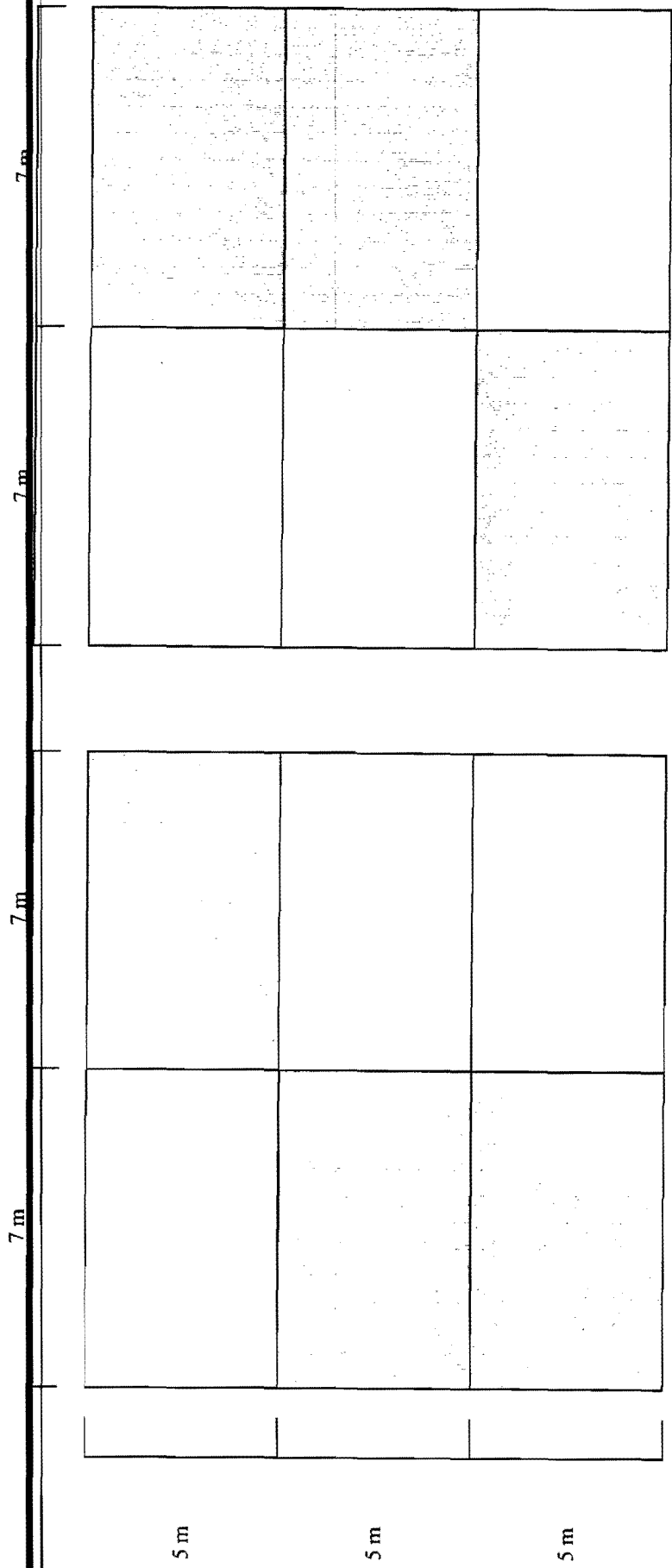
GERANIUM + KIKUYU + ECOBUAGE - M. CADET 12/02/99

		Echantillon			Surface	Poids vert parcel.	Poids vert /ha	M.S./ha
		Poids vert	Poids sec	M.S. (%)				
B1	NON ECOBUE				38,4	3,5	911	
	ECOBUE				38,4	11,5	2995	
B2	NON ECOBUE				38,4	4	1042	
	ECOBUE				38,4	9,5	2474	
B3	NON ECOBUE				38,4	3	781	
	ECOBUE				38,4	9,5	2474	
B4	NON ECOBUE				38,4	2	521	
	ECOBUE				38,4	10	2604	
MOYENNES				NON ECOBUE	3,125	814	#DIV/0!	
				ECOBUE	10,125	2637	#DIV/0!	

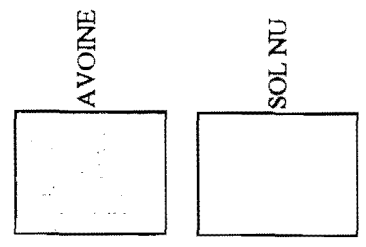
T1				38,4	1,5	391	
T2				38,4	3,5	911	
T3				38,4	1,6	417	
Moyenne du témoin	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	38,4	2,2	573	#DIV/0!

HARICOT - M. PAYET

HAUT



BAS



ESSAI VARIETAL RIZ PLUVIAL (GERANIUM) - GUILLAUME

CHEMIN

6 m	3	2	5	6	9	8	4	1	7	B1
6 m	9	2	6	5	7	4	3	1	8	B2
6 m	5	7	8	6	3	2	4	9	1	B3
6 m	1	3	4	9	8	6	7	5	2	B4
6 m	5	4	1	7	8	3	9	2	6	B5

3 inter-rangs
de géranium

VARIETES DE RIZ

- 1 : FOFIFA 62
- 2 : FOFIFA 64
- 3 : FOFIFA 116
- 4 : FOFIFA 133
- 5 : FOFIFA 134
- 6 : FOFIFA 151
- 7 : FOFIFA 152

Plantation : Poquets 0,20 * 0,20 (4-5 graines)

- 9 : FOFIFA 154

PRODUCTION DE BIOMASSE D'AVOINE (1998)

CHEZ LES AGRICULTEURS

	INITIATION (1)	FLORAISON (2)	MATURITE (3)	TOTAL (kg/ha) (1+3) ou (2) ou (3)
BEGUE	1327	4731		4731
CONTEAU			9346	9346
MAILLOT			2940	2940
PAYET			3334	3334
TATOUE			2645	2645
ZITTE	1082		1465	2547
			2657	2657

EN MILIEU SEMI-CONTOLE

		M.S. (%)	T/HA
THEO	3	23	7,765
	4	21	5,087
	6	22	8,632
	7	16	4,460
	8	23	5,624
	10	19	4,768
	13	21	5,403
	16	21	2,947
	19	17	2,885
	22	20	2,038
	B	25	4,866
	MOYENNE	21	4,952
COC	XIV a	16	7,373
	XIV b	19	5,477
	XV a	15	5,960
	XV b	15	6,015
	XV c	14	7,714
	XV d	15	7,673
	XV e	14	6,567
	XV f	19	3,409
	XV g	17	4,087
	XVI a	13	5,733
	XVI b	15	5,086
	XVI c	15	1,963
	XVII a	20	2,221
	XVII b	20	1,903
	MOYENNE	16	5,084

- Publications et montage de projets

"Faune, microflore x modes de gestion des sols "

ORIGINAL PAPER

J. Boyer · R. Michellon · A. Chabanne
G. Reversat · R. Tibere

Effects of trefoil cover crop and earthworm inoculation on maize crop and soil organisms in Reunion Island

Received: 10 September 1997

Abstract Traditional tree fallows have been abandoned on the western coast of the Reunion Island because of the increasing need for cultivated land. Soil fertility is no longer restored and crop yields have decreased drastically. The leguminous plant, *Lotus uliginosus* (trefoil), used as a cover crop, has made possible the control of erosion, the restoration of soil macrofauna, especially earthworms, and the increase in crop yields. When trefoil was associated with earthworms (*Amyntas corticis*), the densities of maize, the yields of maize stalk and dry matter, the yield of trefoil fodder dry matter and the biomass and respiratory activity of soil microflora were considerably increased. The combined effects of their association led to a significant decrease in populations of the plant-parasitic nematode, *Pratylenchus vulnus*, in maize roots, and in the population of borers. Some soil chemical features were modified.

Key words Plant cover · Trefoil · Maize · Nematode · Earthworms

Introduction

A drastic decrease in the yields of main crops (pearl millet, maize and market garden crops) has been observed on the western coast of Reunion Island since the use of tree fallows was stopped. Long-term hoed monocultures lead to the disappearance of the humus layer which has built up during fallow periods. On slopes, which average 15%, high intensity rainfall causes con-

siderable runoff and soil loss from agricultural land, estimated at about 20 t ha⁻¹ year⁻¹ (Perret 1993). Moreover, long-term monoculture on these bare soils leads to a decrease in the density of the soil macrofauna (Boyer et al. 1996).

Using agroecological practices and, particularly, permanent cover crops associated with annual crops, it is possible to restore sustainable systems in tropical areas (Monegat 1991; Seguy et al. 1996). Using permanent cover crops results also in erosion control and soil organic matter increase. They protect surface aggregates against the effects of rain drops (Perret et al. 1996). Cover crops present several beneficial agricultural effects such as reduction of weeds and chemical fertilizer use (Michellon and Perret 1995) and restoration of soil fertility with reactivation of the soil macrofauna (Boyer et al. 1996).

The abundance and diversity of soil macroinvertebrates and the relative importance of major groups (earthworms, termites and ants) can be used as indicators of soil quality (Stork and Eggleton 1992). Earthworms are a major component of soil fauna communities in most natural ecosystems of the humid tropics (Lavelle et al. 1992). More than 50% of the macrofaunal biomass is represented by earthworms. A correlation between earthworm abundance and the productivity of cropped plants has been shown (Pashanasi et al. 1992). With earthworms an increase in mineralization of soil organic matter has been observed (Martin 1991; Lavelle et al. 1992).

In tropical areas, and especially in monocropping systems, plant parasitic nematodes can steadily decrease the yields of cropped plants (Luc et al. 1990). Soil nematode populations can be severely reduced by several species of earthworms (Senapati 1992; Hyvönen et al. 1994). Among nematodes involved in these studies, however, only a few plant parasitic species have been considered (Ellenby 1945; Senapati 1992; Boyer and Reversat 1996). However, greenhouse studies have shown that leguminous plants associated with tomatoes lead to a decrease in populations of the nematode *Mel-*

J. Boyer (✉) · G. Reversat
Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux, ORSTOM,
32 av. Henri Varagnat, F-93143 Bondy Cedex, France
e-mail: reversat@bondy.orstom.fr, Tel.: +33-1-48025505,
Fax: +33-1-48473088

R. Michellon · R. Tibere · A. Chabanne
CIRAD, Station des Colimaçons, F-97416 La Chaloupe -
Saint Leu, Ile de la Réunion

oidogyne incognita inside the roots of tomato (Marban-Mendoza et al. 1992).

In the present study, the impacts of a cover crop of trefoil and inoculation by a geophagous earthworm on the yield of maize were measured. During the experiment some other biological parameters of the soil, such as the population of plant parasitic nematodes and the microbial activity, were also recorded. Maize on bare soil was used as the control.

Materials and methods

Experimental site

Reunion Island is a volcanic island located in the Indian Ocean (21°05'S, 55°20'E). Deep volcanic ash soils (andisols) are found at altitudes of 500–1500 m; according to climatic conditions these are either halloysitic or allophanic and gibbsitic (Zebrowski 1975; Raunet 1991). The present study was carried out at an altitude of 1000 m on an andisol, with a mean annual rainfall of 1400 mm. A dry, cool period (average 17°C) occurred between May and October, and a warmer (21°C), rainy period between November and April. During 1996, the total rainfall was 807 mm. During the study (March–September) the monthly rainfall average was 37.7 mm, whereas this average was 46.5 mm when calculated over 5 years. For the same period, the mean temperature ranged from 15.9°C to 17°C.

Experimental procedure

On a 400-m² plot, four blocks (6×6 m), 2 m apart, were established at the beginning of March 1996. Inside the blocks, four treatments, each of 9 m² (6 m×1.5 m), were set out at random:

1. Treatment 1: maize alone on bare soil.
2. Treatment 2: maize plus introduced earthworms (139 individuals m⁻²).
3. Treatment 3: maize with trefoil cover.
4. Treatment 4: maize plus trefoil cover plus introduced earthworms (139 individuals m⁻²).

Each block and each plot within the blocks was isolated by a plastic sheet to prevent lateral movement of earthworms between treatments. The plastic sheet, 80-µ thick, was buried to 50 cm depth and projected 10–20 cm from the soil surface.

For each plot, the maize was sown in four rows with 20 seeds in each row (80 seeds per plot). Rows were 30 cm apart, and on the same row, seeds were 27 cm apart. At this altitude and in winter, the cycle of maize lasts about 180 days. No fertilizers were added during the experiment.

Cover crop

Among cover plants, greater birdsfoot trefoil (*Lotus uliginosus* Schkuhr) is of great interest, particularly the fodder cultivar Maku, which is aggressive in reducing weeds and forms a thick and continuous cover owing to its runners and rhizomes. It constitutes a source of nitrogen, thus allowing for a reduction in nitrate fertilizer (Seguy et al. 1996). The seeds of trefoil were inoculated with their rhizobium and coated with powdered natural phosphate (500 g kg⁻¹ seeds), using an adhesive (gum arabic). Trefoil was sown in March together with maize, at a density of 6 kg ha⁻¹.

Earthworms

Amyntas corticis Kinberg (Oligocheta: Megascolecidae) was the only earthworm species found in the studied plot and its density

was low (2 individuals m⁻²). It is dorsally pigmented and moves very quickly. It is an epigeic geophagous species, although sometimes some plant residues can be found in its gut. Native to East Asia, *A. corticis* is mainly found in temperate regions, but there are some records of it from middle altitudes in the tropics (Barois 1992). When the cover of trefoil was 50% (70 days after sowing), 139 earthworms m⁻² were introduced in plots of treatments 2 and 4. At the end of the study (7 months) earthworms found in the soil (30 cm depth) of each elementary plot were counted.

Nematodes

Soil and root analyses of the previous culture of maize showed that *Pratylenchus vulnus* Aller and Jensen was the only plant parasitic nematode found on the plot. This migratory endoparasite damages roots through feeding and cell destruction. *P. vulnus* is the most important root-lesion nematode on fruit trees in Mediterranean countries (Pinochet et al. 1991) and is widely distributed in rose production regions throughout the world (Lehman 1982). In warm climates, however, it was reported as a problem only on fruit trees (Corbett 1974).

At the end of the study, ten sample units (SU) by treatment and by block were collected. Each SU consisted of a cube (25 cm edge) centred on a maize plant. From these ten sample units, maize roots of five sample units were put in a mistifier for 2 weeks to extract root nematodes (Seinhorst 1950), then dried at 85°C for 24 h and weighed. Nematodes from one subsample of 100 g of the soil contained in one SU were extracted by the two-flasks technique (Seinhorst 1955) and the nematode suspension was concentrated on filter paper. Nematodes were collected and counted after 1 week.

Maize shoots (leaves, stems and ears) of the ten sample units were dried as described above and weighed. Trefoil roots were sampled from five SU and nematodes were extracted in the same way as above. Roots and shoots were dried and weighed as for maize.

Microbial biomass and activities

Microbial biomass was estimated by the fumigation-extraction procedure (Jenkinson 1988; Joergensen 1996). Microbial respiration was measured and the index of mineralization of carbon was calculated according to Dommergues (1960): a sample of 100 g dry soil, humidified at field capacity, was introduced into a hermetic jar at 28°C with a beaker containing 50 ml of 0.1 N NaOH. Once a week during 4 weeks (eight replicates for each treatment), NaOH was removed and titrated with 0.5 N HCl.

Results

Yields

The percentage of developed maize plants, when compared with the number of sown seeds (80), was the same (60–62%) on maize alone and with trefoil cover. The introduction of earthworms significantly increased (ANOVA, $P=0.05$) this proportion to 77.5% when earthworms were associated with trefoil (Table 1).

The percentage of maize plants infested with the stalk borer, *Sesamia calamistis* Hampson, was 50% in maize alone, 42.5% in maize with earthworms, 32.5% in the presence of trefoil cover and 27% when earthworms were added with the trefoil. The differences were significant (ANOVA, $P=0.05$) between maize

Table 1 Effect of treatments on maize, trefoil, earthworms (*Amyntas corticis*) and nematodes (*Pratylenchus vulnus*). The same letter in an individual row indicates no significant difference.

S/R Shoot biomass/root biomass ratio, *Earthworms Pi* initial population of earthworms, *Pf* final population of earthworms, *SU* sample unit, *ind* individuals

	Treatments			
	Maize alone	Maize + earthworms	Maize-trefoil	Maize-trefoil + earthworms
Maize density (%) ^a	62 a	66 ab	60 a	77.5 b
S/R maize ^a	14.1 a	15.9 a	14.4 a	15.2 a
S/R trefoil ^a	—	—	2.08 a	3.2 b
Earthworms <i>Pi</i> (ind m ⁻²)	2	2 + 139	2	2 + 139
Earthworms <i>Pf</i> (ind m ⁻²)	0 a	11 b	1 a	14 b
Reproduction index nematodes (SU ⁻¹) ^b	4.88 a	5.88 a	5.18 a	5.28 a
Nematodes in maize roots (%) ^b	13	14.1	12.4	7.3
Nematodes in trefoil roots (%) ^b	—	—	39.3	44.3
Nematodes in soil (%)	87	85.9	48.3	48.4

^a Mean of 40 replicates

^b Mean of 20 replicates

alone on bare soil and trefoil associated with earthworms (Fig. 1).

The percentage of fertile (with ear) maize plants was 45% in maize alone, 80% in maize with earthworms, 75% in maize with trefoil and 85% in maize with earthworms and trefoil. The differences were significant (ANOVA, $P=0.05$) between the treatment with maize alone and the other treatments (Fig. 1).

Similarly, the percentages of fertile maize plants which were not infested with the borer were 25% in maize alone, 45% in maize with earthworms, 47.5% in maize with trefoil cover and 62.5% in maize with trefoil and earthworms. The differences were significant (ANOVA, $P=0.07$) between maize alone on bare soil and the other treatments (Fig. 1).

When yield was considered on the basis of dry matter per plant in a SU, the average was 35.2 g in maize alone and 45.1 g in maize with trefoil cover. When earthworms were added, corresponding values ranged from 39.3 g SU⁻¹ with maize alone to 41.1 g SU⁻¹ with

trefoil cover and earthworms. These differences, however, were not significant at the 5% level (Fig. 2).

When considered on the basis of yield per ha, the average weight of dry matter SU⁻¹ was multiplied by the number of maize plants ha⁻¹. The yield was 1.56 t ha⁻¹ for maize alone, 2.11 t ha⁻¹ for maize alone with earthworms, 2.14 t ha⁻¹ for maize with trefoil cover and 3.0 t ha⁻¹ for maize with trefoil and earthworms (Fig. 3). The differences were significant at the 1% level (ANOVA) between maize with trefoil and earthworms and the other treatments.

The dry weight of maize roots was 2.5 g SU⁻¹ in maize alone, 2.7 g SU⁻¹ in maize with earthworms, 3.3 g SU⁻¹ in maize with trefoil and 2.8 g in maize with trefoil and earthworms (Fig. 2). Differences between treatments were not significant at the 5% level (ANOVA).

The production of trefoil shoot dry matter was significantly increased with earthworms. The production was 45.9 g SU⁻¹ with trefoil alone and 55.1 g SU⁻¹ with trefoil and earthworms (Fig. 2), i.e. 7.0 t ha⁻¹ with trefoil alone and 8.8 t ha⁻¹ with trefoil cover and earthworms (Fig. 3). Differences between treatments were significant at the 1% level (ANOVA). In contrast, the root biomass of trefoil was not significantly different between trefoil alone and trefoil with earthworms.

The shoot/root ratio of maize varied from 14.1 with maize alone to 15.9, with maize plus trefoil and earthworms (Table 1). The shoot/root ratio of trefoil was lower – 2.08 with trefoil alone and 3.2 with trefoil and earthworms (Table 1). These differences were significant (5%).

Earthworm populations

The final population of earthworms was 11 individuals (ind) m⁻² in maize with earthworms and 14 ind m⁻² in maize with trefoil and earthworms (Table 1), which represented only about 10% of the inoculum.

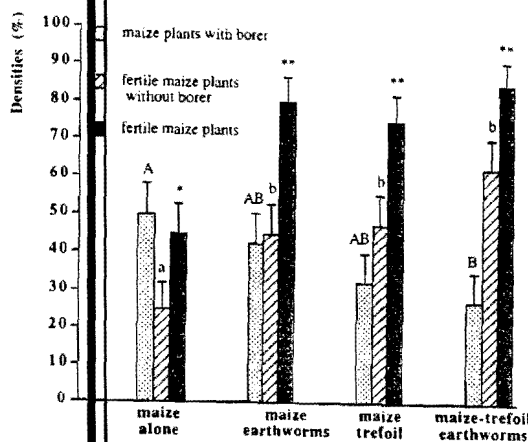


Fig. 1 Densities of maize plants with borer, fertile maize plants without borer and total fertile maize plants (mean of 40 replicates, vertical bar shows SE). The same letter on the same number of symbols indicates no significant difference

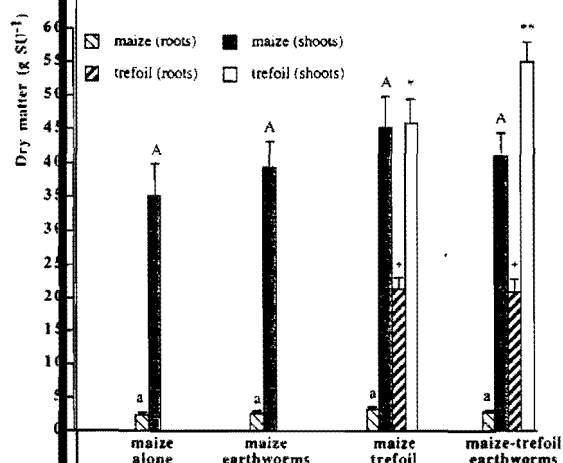


Fig. 2 Variation of biomasses of shoots and roots of maize and trefoil (mean of 40 replicates, vertical bar shows SE). The same letter or the same number of symbols indicates no significant difference. * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$

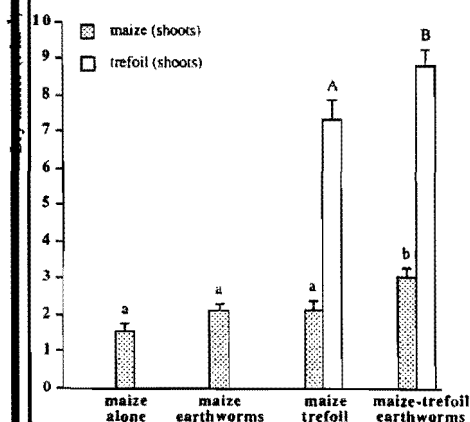


Fig. 3 Production of maize and trefoil dry matter according to treatments (mean of 40 replicates, vertical bar shows the SE). The same letter indicates no significant difference

Juveniles contributed 46% of the earthworm population in maize with trefoil and earthworms and 40% in maize with earthworms. Significant differences in the proportion of juveniles was observed between maize alone and maize with earthworms, and between maize alone and trefoil cover with earthworms.

Nematode populations

The initial nematode population consisted of the sum of root nematodes in a SU plus soil nematodes in the same SU recovered at the end of the previous culture of maize, and reached 37930 ind SU⁻¹. This could be considered as the inoculum.

At the end of the study, the highest nematode population in maize roots was observed in maize alone with 23400 ind SU⁻¹. Lower corresponding values were found in maize with earthworms (18350 ind SU⁻¹), in

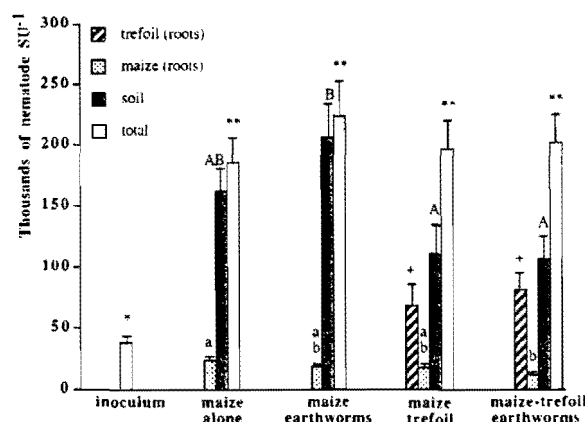


Fig. 4 Variation in populations of the nematode *Pratylenchus vulnus* according to treatments (10³ nematodes per sample unit (SU), mean of 20 replicates, vertical bars shows SE). The same letter or the same number of symbols indicates no significant difference. * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$

maize with trefoil (17100 ind SU⁻¹), and in maize with trefoil and earthworms (11700 ind SU⁻¹; Fig. 4). Differences were significant at the 10% level (ANOVA) between maize alone on bare soil and maize with trefoil and earthworms.

The number of nematodes in trefoil roots was 68122 ind SU⁻¹ in maize with trefoil and 81328 ind SU⁻¹ in maize with trefoil and earthworms (Fig. 4). The difference was not significant at the 5% level (Mann-Whitney test).

The number of soil nematodes was less in the presence of trefoil, i.e. 111370 ind SU⁻¹ in maize with trefoil and 107369 ind SU⁻¹ in maize with trefoil and earthworms. For maize alone and for maize with earthworms, values were respectively 161985 ind SU⁻¹ and 204945 ind SU⁻¹ (Fig. 4).

The final population per SU was calculated as the sum of nematodes found in maize roots, plus trefoil roots plus nematodes found in soil (Fig. 4). Highest values were found for maize with earthworms (223295 ind SU⁻¹) and in maize with trefoil and earthworms (200397 ind SU⁻¹). Lowest values were observed in maize alone (185385 ind SU⁻¹) and in maize with trefoil (196592 ind SU⁻¹). These differences, however, were not significant at the 5% level (ANOVA).

The highest value of the nematode reproduction index (final population/initial population), was observed in maize with earthworms, i.e. 5.88. In maize alone, maize with trefoil and maize with trefoil and earthworms these values were respectively 4.88, 5.18 and 5.28. Differences between treatments were not significant at the 5% level (Table 1).

When considering the total number of nematodes per SU, the proportion of nematodes in roots of maize was low. It was 13% in maize alone and 14.1% in maize with earthworms. This proportion was 12.4% in maize with trefoil and 7.3% in maize with trefoil and earthworms (Table 1).

In all treatments, nematodes were mainly confined to the soil which included 48–87% of the total nematode population. Highest values were found in maize on bare soil (87%) and in maize with earthworms (86%). In contrast, in maize with trefoil only, 48.3% of nematodes were in the soil and 39.3% in the trefoil roots, while in maize with trefoil and earthworms, 48.4% were in soil and 44.3% in trefoil roots (Table 1).

Soil populations usually comprised more than 60% females, with about 30% of second-stage juveniles. In contrast, roots of maize or trefoil included 60% of second-stage juveniles and 20% of females (Fig. 5). Populations of other stages were low in comparison, ranging between 6% and 13% for third- and fourth-stage juveniles, and there were between 1% and 11% males.

Microbial biomass and respiration

The microbial biomass was low in maize alone (84.04 mg carbon kg⁻¹ dry soil), when compared with the other three treatments, i.e. 111.18 mg in maize with earthworms, 111.2 mg in maize with trefoil and 113.42 mg in maize with trefoil and earthworms (Table 2). Differences were significant (ANOVA, $P=0.05$) between maize alone and the other treatments.

The carbon mineralization index was significantly higher in all treatments compared with maize on bare soil (Fig. 6).

Chemical properties of soil

The difference in total carbon was significant between maize alone, maize with earthworms and maize with trefoil (ANOVA, $P=0.05$). Differences in the carbon/nitrogen ratio between maize with trefoil and maize with

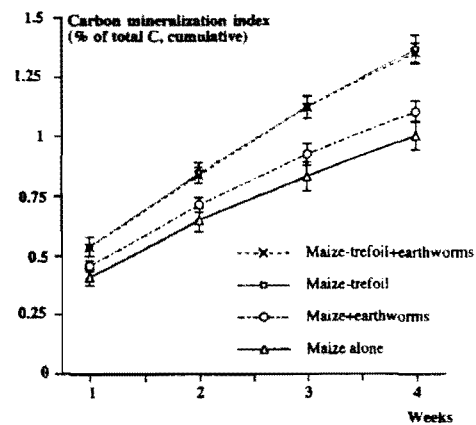


Fig. 6 Variation in carbon mineralization index (% total carbon) during 4 weeks (data points on the cumulative curves are the mean of 8 replicates; vertical bar shows SD)

trefoil and earthworms were significant at the 5% level (ANOVA).

Nitrate contents were significantly lower in treatments with trefoil when compared with treatments without trefoil, i.e. 0.80% in maize with trefoil, 0.95% in maize with trefoil and earthworms, 2.87% in maize alone and 2.11% in maize with earthworms (ANOVA, $P=0.01$).

Other soil parameters exhibited only slight differences between treatments (Table 2). The pH was significantly higher in maize with trefoil and earthworms (4.98) than in maize alone (4.77).

Discussion

Yield of maize and trefoil

Earthworm inoculation increased maize density and maize yield. These results suggest that the young plants were affected by a soil factor which suppressed growth, and that this was offset by the influence of added earthworms. This might have been partly due to the effect of the pathogenic nematode *P. vulnus*.

The decrease in borer populations suggests that the association of trefoil and earthworms provided beneficial conditions for the development of predators which attack the larval stages of the borer that live in the soil. In the same way, the increase in the density of fertile maize plants was due to the effects of trefoil and earthworms, separately or in association, on certain chemical and biological characteristics of the soil (pH, mineralization of carbon, microbial activities).

The dry matter production of trefoil, which is used as fodder, increased in the presence of earthworms. Plant production was significantly enhanced, although this positive effect varied according to plant species. Trefoil responded better than maize and it seemed that in the former there was a better assimilation of chemical components (nitrate).

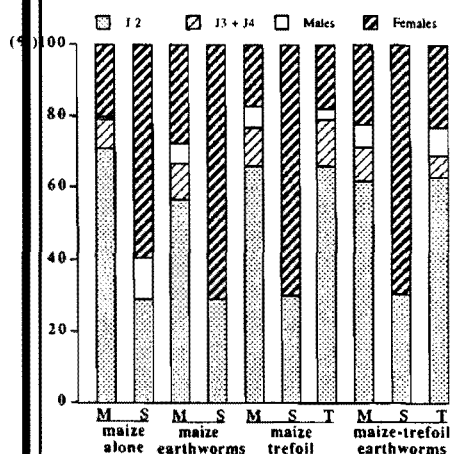


Fig. 5 Relative proportions of juveniles stages 2 (J2), 3 and 4 (J3+J4) males and females of *Pratylenchus vulnus* in maize roots (M), trefoil roots (T) and in soil (S) according to treatments (mean of 40 replicates)

Table 2 Variations in soil chemical parameters (mean of 20 replicates) and soil microbial biomass (mean of 8 replicates) according to different treatments. The same letter in the same row indicates

no significant difference. C_T Total carbon, N_T total nitrogen, C/N C/N ratio, P_T total phosphorus, P_a available phosphorus, CEC exchangeable cations, sat saturation rate

	Treatments			
	Maize alone	Maize + earthworms	Maize-trefoil	Maize-trefoil + earthworms
Microbial biomass (mg kg ⁻¹)	84.04 a	111.18 b	112.2 b	113.4 b
C_T (g 100 g ⁻¹)	8.14 a	8.2 a	8.66 b	8.39 ab
N_T (g kg ⁻¹)	7.27 a	7.43 a	7.38 a	7.72 a
C/N	11.3 ab	11.0 b	11.8 a	11 b
NO_3^- (% N_T)	2.87 a	2.11 a	0.80 b	0.95 b
P_T (mg kg ⁻¹)	4444 a	4305 a	4458 a	4564 a
P_a (%)	13.9 a	12.8 a	14.2 a	14.0 a
pH	4.77 a	4.83 ac	5.06 b	4.98 bc
CEC (meq 100 g ⁻¹)	7.4 a	6.7 a	7.8 a	7.2 a
sat (% CEC)	55.4 ab	50.6 b	59.5 a	52.4 ab
Ca (meq 100 g ⁻¹)	3.15 ab	2.46 b	3.62 a	2.79 ab
Mg (meq 100 g ⁻¹)	0.52 ab	0.42 b	0.58 a	0.51 ab
K (meq 100 g ⁻¹)	0.40 a	0.29 a	0.31 a	0.30 a
Na (meq 100 g ⁻¹)	0.34 a	0.37 b	0.30 a	0.30 a

Soil chemical characteristics

Very slight changes were observed in soil organic matter (carbon/nitrogen ratio) between treatments, showing the low influence of treatments on the organic status of soil.

The main chemical difference which was observed concerned total carbon and soil nitrate content. The increase of total carbon was due to litter organic matter from trefoil (shoots and roots). A sharp decrease in soil nitrate content in the maize with trefoil treatment, with or without earthworms, suggests that trefoil absorbed a great amount of this nutrient.

Other chemical characteristics were not significantly affected by the treatments.

Soil microbial activity

Separately or in association, earthworms and trefoil cover enhanced soil microbial activity, leading to an increase in soil biomass and respiration. This suggests that easily degradable organic matter is added to the soil as litter from aerial parts and roots of trefoil, resulting in enhancement of microbial activity.

Earthworms, by soil ingestion, stimulate soil microbial activity during the transit through their gut (Barois 1992). Despite the increase in the carbon mineralization index in the trefoil and trefoil with earthworms treatment, the observed values, ranging from 1 to 1.3, were low compared to other studies, which varied from 2 to 5 according to management and soil type (Domergues 1960). This could be explained by the chemical characteristics of andisols which are rich in organic matter. This organic matter, however, is often fixed to allophans or aluminium and is less accessible to microorganisms (Bel Hadj Brahim 1987). Moreover, high amounts of amorphous alumina and allophans also in-

duce a deficiency in assimilable phosphorus (Borie and Zunino 1983), which becomes a limiting factor for microflora.

Earthworm populations

Only about 10% of the inoculated earthworms was found at the end of the study. This sharp decrease demonstrated that the organic status of soil under maize and trefoil was not able to maintain a population higher than about 14 ind m⁻². Other studies showed that other cover plants on the same soil are able to maintain larger populations. A previous study of macrofauna carried out in 1994 (Boyer et al. 1996) on a nearby plot, under different cover crops planted in 1990 and associated with a pelargonium crop, showed a density of *A. corticis* of 10 ind m⁻² with trefoil cover and 50 ind m⁻² with "Kikuyu" cover (*Pennisetum clandestinum*). Results of the present study proved that the inoculation of earthworms was useful but that it was not necessary to inoculate more earthworms than the final population obtained in the present study (14 ind m⁻²). This relatively low number of inoculated earthworms could not affect the population dynamics because this species is parthenogenetic.

Nematode populations

Nematode populations inside maize root were significantly lower under trefoil with earthworms compared with maize alone (Fig. 4).

The presence of earthworms introduced with trefoil strongly affected the relative abundance of nematodes in maize roots and in soil, and a high number of nematodes in trefoil roots was observed.

Several antagonistic mechanisms (decrease in nematode populations in plant crops) attributed to the cover crop and earthworms are suggested. The high number of nematode juveniles in roots of trefoil showed that this cover crop is a good host plant and may be more attractive to this nematode species than maize. Thus, maize infection should be reduced. Earthworms could have two different effects on nematodes. Firstly, the creation of macropores and soil compaction by earthworm activity (Blanchart et al. 1990) could impair the movement of nematodes in soil and so depress populations. Secondly, passive soil ingestion of nematodes by earthworms may alter their parasitic potential during their transit through the gut, due to the activity of digestive enzymes (Boyer and Reversat 1996).

In conclusion, the combined effects of trefoil cover and earthworm inoculation resulted in decreases in populations of the plant parasitic nematode *Pratylenchus vulnus* in maize roots and in populations of the stalk borer, accompanied by increases in maize density, maize fertility, maize production and soil carbon mineralization. Moreover, trefoil cover exhibited other beneficial effects such as soil protection against erosion, weed suppression and fodder production.

References

- Barois I (1992) Mucus production and microbial activity in the gut of two species of *Amyntas* (Megascolecidae) from cold and warm tropical climates. *Soil Biol Biochem* 24:1507-1510
- Bel Hadj Brahim A (1987) Influence des constituants aluminiques et ferriques non cristallins sur les cycles du carbone et de l'azote dans les sols montagnards acides (in French). PhD thesis, Université de Nancy
- Blanchart E, Lavelle P, Spain AV (1990) Effects of species of tropical earthworms (Oligochaeta: Eudrilidae) on the size distribution of aggregates in an African soil. *Rev Ecol Biol Sol* 26:417-425
- Borie F, Lunino H (1983) Organic matter-phosphorus associations as a sink in P-fixation processes in allophanic soils of Chile. *Soil Biol Biochem* 15:599-603
- Boyer J, Reversat G (1996) Effects of the gut of *Pontoscolex corethrurus* on second stage juveniles of *Heterodera sacchari*. Proceedings of the Third International Nematology Congress, Gosier, Guadeloupe, 7-12 July 1996, p 169
- Boyer J, Michellon R, Lavelle P (1996) Characterisation of soil macrofauna in *Pelargonium asperum* with different management options. XII International Colloquium on Soil Zoology, 21-26 July 1996. Dublin, p 236
- Corbett DCM (1974) *Pratylenchus vulnus*. CIH descriptions of plant-parasitic nematodes, set 2. Commonwealth Institute of Helminthology, St Albans, UK
- Dommergues Y (1960) La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols (in French). *Agron Trop* 1:54-60
- Ellenby C (1945) Influence of earthworms on larval emergence in the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Am Appl Biol* 31:332-339
- Hyyönen R, Anderson S, Clarholm M, Persson T (1994) Effects of lumbricids and enchytraeids on nematodes in limed and unlimed coniferous mor humus. *Biol Fertil Soils* 17:201-205
- Jenkinson DS (1988) The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson J (ed) *Advances in nitrogen cycling in agricultural agrosystems*. CAB, Wallingford UK, pp 368-386
- Joergensen RG (1996) The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the K_{ec} factor. *Soil Biol Biochem* 28:25-31
- Lavelle P, Spain AV, Blanchart E, Martin A, Martin S (1992) The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: Sanchez PA, Lal R (eds) *Myths and science of soils of the tropics*. Soil Science Society of America, Wis., Madison, pp 157-185
- Lehman PS (1982) Diseases of roses caused by nematodes. Nematology circular. Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services
- Luc M, Sikora RA, Bridge J (1990) Plant parasitic nematodes in sub-tropical and tropical agriculture. CAB International, Wallingford, UK
- Marban-Mendoza N, Dicklow MB, Zuckerman BM (1992) Control of *Meloidogyne incognita* on tomato by two leguminous plants. *Fundam Appl Nematol* 15:97-100
- Martin A (1991) Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Milnesiella anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biol Fertil Soils* 11:234-238
- Michellon R, Perret S (1994) Conception de systèmes agricoles durables avec couverture herbacée permanente pour les hauts de la Réunion (in French). Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Réunion, Montpellier, France
- Monegat C (1991) Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades (in Spanish). Monegat, Chapeco, Brasil
- Pashanasi B, Melendez G, Szott L, Lavelle P (1992) Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. *Soil Biol Biochem* 24:1655-1659
- Perret S (1993) Propriétés physiques, hydriques et mécaniques de sols andiques de la Réunion. Facteurs d'évolution des horizons cultureux, implications agronomiques et écologiques (in French). PhD thesis. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier/Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- Perret S, Michellon R, Tassin J (1999) Agroecological practices as tools for sustainable management of erosion of exposed tropical catchments: quantifying their effects on soil restoration and erosion control in Reunion Island (Indian Ocean, French Overseas Territories). In: Harper DM, Brown T (eds) *Sustainable management of tropical catchments*, Wiley, London, 400 pp (in press)
- Pinochet J, Verdejo S, Marull J (1991) Host suitability of eight *Prunus* spp. and one *Pyrus communis* rootstocks to *Pratylenchus vulnus*, *P. neglectus* and *P. thornei*. *J Nematol* 23:570-575
- Raunet M (1991) Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. CIRAD, Montpellier, France
- Seguy L, Bouzinac S, Trentini A, Côrtes NA (1996) L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agric Develop* 12:2-61
- Seinhorst JW (1950) De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje [*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev] (in Dutch). *Tijdschr Plantenziekten* 56:289-348
- Seinhorst JW (1955) Een eenvoudige methode voor het afscheiden van aaltjes uit grond (in Dutch). *Tijdschr Plantenziekten* 61:188-190
- Senapati BK (1992) Biotic interactions between soil nematodes and earthworms. *Soil Biol Biochem* 24:1441-1444
- Stork NE, Eggleton P (1992) Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Am J Altern Agric* 7:38-55
- Zebrowski C (1975) Etude d'une climatoséquence dans l'île de la Réunion (in French). *Cah ORSTOM S Pedol* 13:255-278

**LA COOPERATION REGIONALE
AUTOUR DU RESEAU AGRICULTURE DURABLE
OCEAN INDIEN**

1. UNE DYNAMIQUE EN COURS

En mars 1998, un atelier international sur la gestion agrobiologique des sols s'est tenu à Antsirabe (Madagascar). A cette occasion, une forte délégation du Cirad/Réunion-CIVAM-APR s'est mobilisée pour participer et présenter diverses communications. De même, cet atelier a donné lieu à des visites d'information durant 10 jours et dans diverses écologies malgaches. Un groupe de 12 agriculteurs, techniciens, chercheurs et agents du développement de la Réunion y a assisté.

Suite à ces manifestations, la création d'un réseau régional ayant trait à l'agriculture durable a été envisagée. Et c'est à l'occasion de la fête du Palmiste et du Vacoa (Saint-Philippe - août 1998), à l'invitation de l'Association des Paysans de Saint-Philippe (APSP) et du CIVAM, et coorganisé par le Cirad-Réunion, que le premier comité de pilotage s'est tenu. Le Réseau Agriculture Durable Océan Indien (RADOI) est né. Il regroupe actuellement Madagascar, la Réunion, Maurice, Mayotte, les Comores, et l'Afrique du Sud. Le bureau, composé des représentants de chaque pays ou organismes à vocation internationale, a été désigné. Un état des lieux de l'offre et de la demande de chaque partenaire est en cours, et de premiers échanges de matériel végétal et des formations ont été déjà réalisés.

Outre ces premières actions concrètes déjà mises en œuvre, des thèmes de recherche fédérateurs sont en cours de finalisation. De part l'expérience acquise, les compétences, les dispositifs et les infrastructures du Cirad-Réunion associé aux agriculteurs (CIVAM, APSP) et organismes de développement (A.P.R.), un rôle fondamental d'animation scientifique doit être tenu. Et c'est principalement autour des quatre activités suivantes que le Cirad/Réunion se positionne.

<i>Thème 1 :</i>	UTILISATION DES POTENTIALITES NATURELLES DE GESTION DE LA FERTILITE ET DES ADVENTICES EN VUE DE LA REDUCTION DES INTRANTS CHIMIQUES ET DES TEMPS DE TRAVAUX
------------------	---

Personnes impliquées à ce jour: André CHABANNE, Johnny BOYER

<i>Thème 2 :</i>	DIFFUSION DES TECHNIQUES AGROBIOLOGIQUES ET LEUR APPROPRIATION PAR LES AGRICULTEURS
------------------	---

Personnes impliquées à ce jour: Marc Piraux

<i>Thème 3 :</i>	INTRODUCTION DE MATERIEL VEGETAL ET RISQUES D'ENVAHISSEMENT
------------------	---

Personnes impliquées à ce jour: Jacques TASSIN

<i>Thème 4 :</i>	LA DIVERSIFICATION DES CULTURES COMME ELEMENT DE DURABILITE DES SYSTEMES AGRICOLES
------------------	--

Personnes impliquées à ce jour: Frédéric NORMAND

<i>Thème 5 :</i>	DEVELOPPEMENT A LA REUNION D'UNE DEMARCHE PARTICIPATIVE POUR L'ACCOMPAGNEMENT DE L'INNOVATION.
------------------	--

Personnes impliquées à ce jour : Equipe du Dispositif des Hauts et CIVAM

2. LES MOYENS DU RESAU

Un financement a été obtenu par nos collègues de Madagascar pour la première année de fonctionnement. Celui-ci, modeste, ne permet que de finaliser les procédures de fonctionnement du réseau : organisation de l'atelier, organisation du comité de pilotage, premiers échanges. De nouvelles démarches sont en cours notamment auprès de l'AFD-FFEM (Agence Française de développement et Fonds Français pour l'Environnement Mondial). Ces fonds seraient destinés à Madagascar pour la création d'un centre et d'un réseau d'expérimentation et de formation sur les techniques agrobiologiques. Les différents acteurs dans le développement agricole de la Réunion autour de l'enjeu « Agriculture Durable » sont alors des partenaires scientifiques, techniques, institutionnels et relationnels de tout premier ordre pour ce centre. Pour ce faire, il convient de développer une **démarche pertinente et de nature interdisciplinaire**. Celle-ci s'appuiera, d'une part sur l'expérience locale et internationale acquise dans ce domaine (concept de Paysans Expérimentateurs) et, d'autre part, sur les premières initiatives conduites à la Réunion par le Cirad en association avec les Associations d'Agriculteurs et le Commissariat des Hauts (dispositif Cirad-A.P.R.-Chambre d'Agriculture). Il est donc indispensable de bénéficier de moyens supplémentaires non prévus dans les budgets de chacun.

3. LES BESOINS IMMEDIATS

Les besoins immédiats de participation au réseau durant le premier semestre 1999 concernent quatre volets, tous ayant trait à la création d'une plate-forme technologique et institutionnelle portant sur l'agrobiologie. Ils s'articulent autour de deux axes :

Méthodologie et coordination institutionnelle

- Elaboration des bases méthodologiques et du cadre institutionnel de l'organisation du réseau réunionnais « Agrobiologie des Sols » s'appuyant sur le concept moteur des Agriculteurs Expérimentateurs. Les résultats des actions prévues en 1999 seront immédiatement mis à profit par le réseau régional.

Création d'une plate-forme technologique

- La constitution d'une documentation permettant de disposer et de mettre à disposition une base de données relative à l'agrobiologie et accessible à chaque partenaire local et régional. Il s'agit de valoriser au mieux les résultats acquis à la Réunion ainsi que la bibliographie existante. Chaque partenaire pourrait accéder à cette base de données soit par l'intermédiaire d'un site Internet, soit par une brochure périodique.
- Un accueil de stagiaires pour la réalisation d'expérimentations portant essentiellement (i) sur les méthodologies de suivi de l'activité biologique des sols (macrofaune et microflore) en relation avec la restauration et le maintien de leur fertilité, et (ii) sur l'utilisation des couvertures végétales pour la lutte contre les adventices par leurs effets physiques et chimiques (allélopathie) en relation avec la réduction des temps de travaux et des pesticides.
- Des missions d'appui technique, de formation et d'animation scientifique autour de ces thèmes.

AXE 1 : Développement de la recherche participative

- | | |
|---|--------|
| • Appui scientifique et formation aux méthodes de la démarche participative | 50 KF |
| • Validation de la démarche auprès d'un groupe cible | 100 KF |
| • Echanges régionaux entre agriculteurs et chercheurs | 100 KF |
| • Fonctionnement du réseau local et diffusion des informations | 30 KF |
| • Réunion de coordination institutionnelle et scientifique | 30 KF |

TOTAL AXE 1

310 KF

AXE 2 Plate-forme technologique

Centre local de documentation

- matériel informatique pour la saisie des références bibliographiques (ordinateur), logiciel de gestion de base de données, matériel de duplication (photocopieuse) et consommables
50 KF
 - secrétaire intérimaire (saisie des références, gestion des commandes et expédition) 5 jours/mois sur 6 mois
30 KF
 - frais d'édition de documents, de diffusion des listes bibliographiques (site Internet, brochure trimestrielle) et d'expédition
20 KF
- TOTAL 100 KF**

Accueil de trois stagiaires

- Frais d'accueil
3 x 10 KF = 30 KF
 - Voyages + déplacements
3 x 10 KF = 30 KF
 - Expérimentation
3 x 10 KF = 30 KF
- TOTAL 90 KF**

Missions d'appui, de formation et d'animation scientifique.

40 KF

Divers

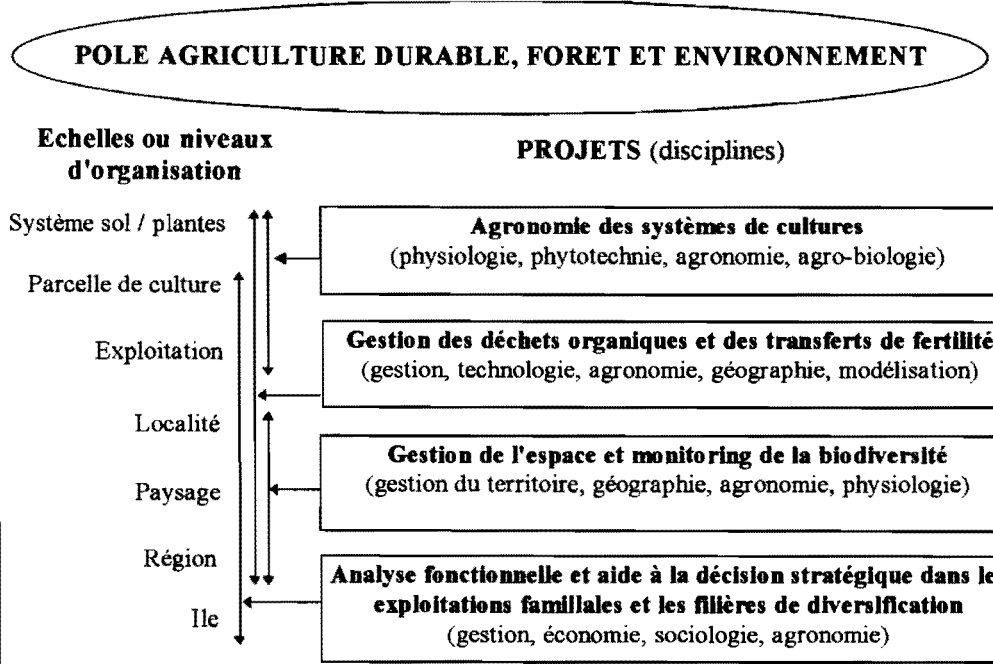
10 KF

TOTAL AXE 2 240 KF

POLE AGRICULTURE DURABLE, FORET ET ENVIRONNEMENT
ORIENTATIONS DES RECHERCHES POUR LA PERIODE 2000-2006

Le pôle "agriculture durable, forêt et environnement" a émergé progressivement autour de deux enjeux majeurs de l'agriculture réunionnaise, identifiés dans le contrat de plan qui s'achève : "intégrer le petit paysannat" et "valoriser et protéger les ressources naturelles". Il a vocation à rayonner dans la zone Océan Indien. Les recherches qui y sont développées permettent de proposer des systèmes agricoles viables, reproductibles et respectueux de l'environnement, et à une échelle plus large, d'évaluer et de suivre la biodiversité, notamment en référence aux "pestes végétales". Ces recherches transversales, dépassant l'intérêt strictement agricole, devront être développées dans le cadre du prochain contrat de plan.

Ce pôle s'est structuré récemment autour de quatre projets liés par les enjeux déclinés précédemment (petit paysannat, diversification, ressources renouvelables) et par des méthodes et approches communes (recherche-action, approche systémique, changement d'échelles, gestion, modélisation). Trois projets sont centrés sur la viabilité économique et écologique de l'agriculture, notamment celle des Hauts, avec une préoccupation environnementale de protection des sols et de diminution des pollutions d'origine agricole : (1) l'analyse fonctionnelle et l'aide à la décision dans les exploitations familiales et les filières de diversification, (2) l'agronomie des systèmes de culture, et (3) la gestion des déchets organiques et des transferts de fertilité. Le quatrième projet : monitoring et évaluation de la biodiversité, s'intéresse davantage à l'espace (forestier mais également agricole) et aux conséquences de sa gestion à l'égard de la biodiversité. Il est donc centré sur la gestion et les méthodes de suivi du patrimoine biologique des espaces (dynamiques forestières, invasions biologiques). Outre le renforcement des recherches dans les projets cités ci-dessus, d'autres axes de recherche, s'intéressant à la gestion de l'espace, pourraient être adjoints au pôle dans le cadre du prochain contrat de plan : (i) occupation des sols, dynamique foncière et gestion de bassins versants, (ii) contrats de pays.



Projet 1 : Analyse fonctionnelle et aide à la décision stratégique dans les exploitations familiales et les filières de diversification

1. Constat - demande - problématique

L'agriculture réunionnaise repose encore essentiellement sur de petites exploitations familiales qui connaissent une viabilité économique incertaine du fait de facteurs tant internes (faible capacité de gestion, ressources limitées pour l'intensification) qu'externes (baisse des prix des cultures traditionnelles,...). Le maintien de ces exploitations constitue pourtant un enjeu fondamental, à deux niveaux : enjeu social d'une part, compte tenu de l'importance des emplois concernés, enjeu d'aménagement du territoire d'autre part, car ces petits agriculteurs sont répartis sur l'ensemble de l'île et notamment dans les Hauts. La diversification des activités au sein ou hors de l'agriculture est la voie la plus répandue pour consolider économiquement ces systèmes, mais elle est confrontée à de nombreuses contraintes d'ordre technique ou organisationnel.

L'analyse des conditions de durabilité (écologique et économique) de ces systèmes suppose des investigations à plusieurs niveaux d'échelle. Au delà de la mobilisation des différentes ressources (eau, matière organique, trésorerie, main-d'œuvre,...) nécessaires à la production, une approche globale des exploitations doit permettre de mieux appréhender les interactions entre les différentes activités. La durabilité des exploitations suppose de prendre en compte l'innovation technique (thème 2). Par ailleurs, la prise en compte de l'environnement économique et des filières s'impose pour évaluer les potentialités de développement des activités de diversification et le positionnement concurrentiel des producteurs sur ces marchés. Enfin, la durabilité (écologique et économique) ne peut se concevoir sans mettre en œuvre les mécanismes institutionnels appropriés.

Cette problématique peut se décliner pour un grand nombre de pays de l'Océan Indien où l'agriculture reste fondée sur des structures familiales. Ainsi, les compétences développées à la Réunion peuvent assurer au pôle, un rôle de leader régional en termes d'expertise, de conseil et de formation.

2. Axes de recherche

Les objectifs poursuivis concernent : (i) la connaissance du fonctionnement et de la dynamique des exploitations agricoles familiales et des filières de diversification (fruits et légumes, productions animales), la question centrale portant sur les conditions de durabilité des exploitations, (ii) la conception d'outils d'analyse des systèmes productifs, d'intervention pour le transfert de technologies, et d'aide à la décision stratégique des opérateurs (agriculteurs et groupements). Il s'agit d'appuyer les opérateurs dans la construction de leur projet d'entreprise en tenant compte des technologies qui peuvent être mobilisées et des risques et opportunités de l'environnement économique et institutionnel. Les recherches s'organisent selon deux axes en fonction de l'échelle abordée.

Au niveau des exploitations agricoles, les recherches concernent :

- adéquation entre offre - demande au niveau de l'utilisation d'une ressource ;
- l'analyse des pratiques des agriculteurs, notamment celles liées au petit élevage et son association avec l'agriculture ;
- l'acquisition de références système qui mettent en évidence les seuils de dysfonctionnement et de cohérence des systèmes et les dispositifs d'accompagnement (formation, aide, mécanismes institutionnels) adéquats à mettre en œuvre ;
- les conditions d'adaptation et de diffusion des techniques en relation avec les capacités d'appropriation des agriculteurs.

Au niveau des filières et des marchés, on s'intéresse :

- aux mécanismes de régulation avec notamment une approche prospective où il s'agit d'anticiper la structuration à moyen terme de la filière à partir du jeu concurrentiel ou relationnel des opérateurs ;
- au positionnement concurrentiel des petites exploitations familiales dans les filières de diversification (végétale et animales). Une attention particulière est portée aux stratégies possibles de différenciation des produits, et d'organisation des relations entre producteurs ou entre stades complémentaires de la filière ;
- aux effets des interventions publiques sur les filières.

3. Coopération régionale et partenariat

Un partenariat est actuellement engagé sur ce thème avec les organismes de développement (APR et Chambre d'Agriculture) et l'Université de la Réunion (Ceresur). Un déploiement dans la région Océan Indien est envisagé, en liaison avec ces partenaires. Il s'agit dans un premier temps de répondre à une demande d'expertise et de formation (Mayotte). Une animation scientifique sur ce thème est également possible à travers des réseaux régionaux ou internationaux (Réseau agriculture durable dans l'océan Indien, réseau recherche-développement).

4. Besoins - financements

Deux ingénieurs de recherche, un ingénieur d'étude (VAT) et un technicien conduisent actuellement ces recherches. Néanmoins, la convention qui finance le dispositif recherche-diffusion des Hauts de l'Ouest arrive à expiration fin 1999. Un chercheur et un technicien y sont affectés sur l'axe « gestion des exploitations et transfert de technologies ». Il convient de reconduire ces deux postes et de recruter un second technicien pour maintenir ce domaine de recherche et consolider la capacité d'expertise déjà acquise.

Projet 2 : Agronomie des systèmes de cultures

1. Constat - Demande - Problématiques

Dans les Hauts, la production agricole se heurte à de fortes contraintes physiques (climatiques et morpho-pédologiques), humaines (exode de la population vers les bas, enclavement, insuffisance des infrastructures) et économiques (essoufflement des filières traditionnelles). Les efforts récents de diversification, d'intensification et d'appui aux filières permettent d'y répondre en partie. De plus, l'agriculture est de plus en plus confrontée à un enjeu de protection de l'environnement (lutte contre l'érosion et réduction des intrants chimiques) et de valorisation des ressources renouvelables.

2. Axes de Recherche

La durabilité des exploitations et des systèmes de culture passe par une meilleure maîtrise de la fertilité des sols et par la diversification des cultures. Les travaux déjà engagés sur ces thèmes seront poursuivis et développés.

Les axes de recherche envisagés sont :

- la gestion agrobiologique des systèmes de culture ; les travaux antérieurs reposant sur l'utilisation des couvertures végétales seront poursuivis ; deux nouveaux thèmes seront abordés : la biologie des sols et les phénomènes d'allélopathie ; en effet, il s'agit d'utiliser au mieux les potentialités naturelles (i) de restauration et maintien de la fertilité par la gestion de la faune et de la microflore, et (ii) de lutte contre les adventices par l'utilisation raisonnée de substances herbicides naturelles élaborées par les plantes de couverture ;
- la mise en évidence de bio-indicateurs synthétiques de la qualité des sols, basés sur la faune du sol ; il s'agit d'apprécier la fertilité des sols par d'autres critères que physiques et chimiques ;
- les actions de diversification qui vont être poursuivies et amplifiées : diversification fruitière avec des espèces innovantes dans les Hauts de l'Est : goyavier-fraise, palmistes, pejobaye, coronille ; de nouvelles plantes alimentaires, fourragères ou à biomasse seront testées en comportement dans différentes écologies ;
- l'appui aux filières et à leur organisation pour les espèces fruitières innovantes développées dans l'Est.

Les résultats seront valorisés par des actions de formation, de diffusion et de communication. La majorité des travaux envisagés sera conduite en milieu réel.

3. Coopération régionale et partenariat

Ces travaux s'intègrent pleinement dans les objectifs du «Réseau Agriculture Durable Océan Indien» récemment constitué. L'Afrique du Sud, les Comores, Madagascar, Maurice, Mayotte et la Réunion ont adhéré à ce réseau. L'expérience acquise à la Réunion, les compétences et les dispositifs présents permettent de proposer une parti-

ciation dynamique au sein de ce réseau notamment par la création d'un laboratoire spécialisé sur la biologie des sols tropicaux et l'allélopathie.

De plus, les compétences sur la domestication d'espèces nouvelles, sur l'approche systémique de filières nouvelles, et sur l'expérimentation en milieu réel peuvent être valorisées à l'échelon régional.

Toutes les activités sont conduites en relation étroite avec des agriculteurs, des groupes d'agriculteurs et les organismes de développement et de formation (APR, Chambre d'Agriculture, Armefflor, Legta, CFPPA).

Sur le plan scientifique, un partenariat est instauré avec les Universités de la Réunion, de Créteil et Pierre et Marie Curie, l'Inra/Avignon, l'Orstom/Paris.

4. Besoins - financements

Les activités prévues nécessitent le maintien des équipes actuelles :

- un chercheur et un technicien sur la diversification fruitière dans les hauts de l'Est, dont la convention de financement arrive à terme fin 1999 ; il convient de reconduire ces postes pour poursuivre et développer ces actions ; pour assurer la diffusion des résultats, le technicien est un agent mis à disposition par l'Armefflor ;
- un chercheur et un technicien sur la diversification et la gestion agrobiologique des sols (Ouest et Sud).

Les nouvelles orientations (biologie des sols et allélopathie) impose la création de deux postes (un chercheur et un technicien).

Projet 3 : Gestion des déchets organiques et des transferts de fertilité

1. Constat - demande - problématique

La résorption des déchets organiques par l'agriculture est devenue un enjeu important. D'une part certaines régions, notamment celles où l'élevage est intensif, produisent d'importantes quantités de déchets organiques, qui constituent des risques de pollution. D'autres, notamment celles qui sont spécialisées en maraîchage, sont déficitaires en matières organiques et sont confrontées à une diminution de la fertilité des sols consécutive à l'érosion. Le problème de la valorisation des déchets organiques (agricoles, urbains ou industriels) et de la gestion des transferts de fertilité commence à émerger dans les îles de l'océan Indien, ces milieux étant généralement fragiles (récifs, raffles, écosystèmes naturels). Il est posé avec davantage d'acuité à la Réunion car les systèmes agricoles présents doivent nécessairement recycler les fertilisants et matières organiques importées en quantité (alimentation humaine et animale, engrais) avec le minimum de risques pour l'environnement. La Réunion, de part sa situation européenne qui la soumet aux réglementations de plus en plus contraignantes, est donc un lieu propice pour développer un savoir-faire en matière de gestion des déchets organiques et pour mener des recherches visant à modéliser les transferts de fertilité.

2. Axes de recherche

Quatre axes de recherche seront développés pour le prochain contrat de plan Etat-Région :

- caractérisation des flux agricoles de déchets organiques, internes à l'exploitation agricole (niveau individuel) ou entre exploitations (niveau collectif) ; relations entre conduites des élevages et caractéristiques des déchets ;
- valorisation agronomique des déchets agricoles, industriels et urbains ; aptitude des systèmes sols-plantes à utiliser les déchets organiques ; risques environnementaux liés à cette utilisation ; mise au point de substrats de culture ;
- aide à la décision auprès des acteurs pour le choix et la gestion d'unités de transformation, afin d'adapter l'offre de matière organique provenant des élevages, en qualité et quantité, à la demande des cultures ;
- modélisation des échanges de matière organique au sein de l'exploitation agricole (de l'élevage vers les cultures) et entre exploitations (organisation collective) ; conception et évaluation de scénarios de gestion de la matière organique ; analyse des transferts de matière organique à l'échelle de territoires.

3. Coopération régionale - partenariat

Sur le plan régional, la problématique des déchets est de plus en plus présente dans les éco-systèmes insulaires. Le thème "transfert de fertilité" peut être intégré au Réseau agriculture durable dans l'océan Indien (Radoi). La Réunion paraît être leader sur ce thème encore peu étudié actuellement, même en Europe. Elle peut donc se positionner dans un premier temps par sa capacité de recherche sur cette thématique (acquisition de références et d'une expertise scientifique) puis comme expert dans la zone.

Le partenariat avec les institutions de développement de la Réunion est bien établi (MVAD, EDE, CPPR, Sica-lait, Sica-Reviva, Urcoopa, Union des AFP). Des collaborations de recherche sont en cours avec l'Université de La Réunion (laboratoires "Sciences de la Terre" et "Iremia"), les Ensa (Rennes, Toulouse), l'Inra (Grignon, Montpellier, Rennes, Toulouse) et l'Orstom (Bondy).

4. Besoins - financements

L'équipe "gestion des déchets organiques" est composée de 3 ingénieurs de recherche, 1 ingénieur d'étude (VAT), 1 thésard, et elle accueille 4 à 5 stagiaires (maîtrise, DESS, grandes écoles) par an. Pour renforcer ses activités, notamment vers la coopération régionale, les recrutements d'un technicien (BTS) sur la valorisation agronomique des déchets et d'un ingénieur d'étude (maîtrise, DESS) sur la modélisation des flux de biomasse seraient nécessaires.

Projet 4 : Gestion de l'espace et monitoring de la biodiversité

1. Constat - demande - problématique

S'agissant de biodiversité, deux demandes fortes et connectées s'expriment à La Réunion et dans l'ensemble des îles de l'océan Indien :

- recourir davantage aux essences forestières indigènes pour mieux valoriser le patrimoine biologique forestier local et réduire les introductions d'espèces exotiques (risques d'introduire de nouvelles pestes végétales)
- lutter contre les pestes végétales, dont l'impact écologique peut être très élevé, notamment dans les espaces forestiers naturels, des actions sur ce thème sont actuellement en cours (cf. projets de lutte biologique contre la vigne marronne et le troène, travaux de thèse).

Ceci suppose :

- de maîtriser la sylviculture d'au moins quelques espèces forestières, sylviculture pour laquelle des protocoles de recherches pourraient être transposés à d'autres îles de la zone ;
- d'évaluer et de suivre l'impact des pestes végétales sur le milieu forestier, notamment sur sa dynamique, afin de savoir où et sur quelles espèces intervenir, et donc de bâtir des méthodologies adéquates et transposables ;
- de coordonner des programmes de lutte contre les pestes végétales à l'échelle régionale, à commencer par les méthodes préventives (gestion des introductions, gestion des perturbations en milieu forestier).

2. Axes de recherche

Il est pour cela nécessaire de mettre en oeuvre des programmes de recherche à vocation régionale visant à :

- mettre au point la sylviculture de quelques espèces forestières indigènes réunionnaises, représentant chacune une situation écologique particulière, et pour lesquelles les techniques pourront être transposées à d'autres espèces et à d'autres îles de l'O.I. ;
- mettre en oeuvre un dispositif de suivi des dynamiques des écosystèmes forestiers naturels à La Réunion, en intégrant tout particulièrement le problème des pestes végétales et de leur impact écologique ;
- constituer une cellule centrale de recherche et d'information pour la lutte contre les pestes végétales dans l'O.I., visant notamment (i) à tenir une liste des espèces végétales à risques et dont l'introduction est donc déconseillée, (ii) à évaluer l'impact écologique des pestes de manière à hiérarchiser les interventions, (iii) à mieux identifier

les modes de gestion qui réduisent les risques de développement des pestes végétales, (iv) à participer à l'expérimentation de programmes de lutte.

3. Coopération régionale - partenariat

Organisme de recherche principal : Cirad Réunion

Partenaires réunionnais : Université, ONF, Conservatoire de Mascarin

Partenaires océan Indien : Universités, Projets, Services nationaux de la recherche forestière, ONG.

Partenaires scientifiques métropolitains : CNRS, Universités, Inra

Partenaires scientifiques internationaux : UICN, OFI, RERFT, ISSG

4. Besoins - financements

Un seul chercheur ne pourrait prendre en charge un tel programme, d'autant que les actions en cours en 1998 et 1999 devront être en partie prolongées au-delà de l'an 2000 (expérimentations forestières, bambous, littoral). Tout au plus pourrait-il étendre ses actions au programme « sylviculture d'essences forestières indigènes ».

Le recrutement d'un second chercheur assisté d'un technicien de terrain permettrait d'assurer la conduite des deux autres programmes (« dynamique des écosystèmes forestiers », « pestes végétales »).

POST - DOCTORAT de Mr BOYER Johnny

<p align="center">GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES : IMPACT DES MACRO- INVERTÉBRÉS SUR LA FERTILITÉ DES SOLS</p>

Durée des travaux : 18 mois

Type de contrat : Contrat à Durée Déterminée (CDD) avec le CIRAD

Partenaires Scientifiques et Techniques : CIRAD de la Réunion et la Sica Sud Canne

Lieux d'expérimentations : les Hauts de l'Ouest, le Sud de la Réunion

Cultures étudiées : Cultures maraîchères, géranium et la canne à sucre

I. INTRODUCTION

Les sols ont des peuplements souvent très divers et la richesse spécifique s'y compte souvent en centaines d'espèces pour les invertébrés, milliers ou dizaines de milliers pour la microflore dans les régions tempérées et tropicales (Schaefer & Schauerman, 1990; Hawksworth, 1991). Cette richesse encore largement méconnue est fortement menacée d'érosion alors que son inventaire ne progresse que lentement. On estime que la moitié des espèces de vers de terre, un groupe relativement bien étudié, reste encore à décrire; la plupart d'entre elles se trouve dans les régions tropicales où son existence est mise en péril par la mise en culture de surfaces toujours plus grandes gagnées sur les écosystèmes naturels (Fragoso et al., 1997). De façon générale, rares sont les pratiques de gestion qui n'affectent pas la diversité des peuplements du sol, surtout si elles sont intensives (Lavelle et al., 1994; Basu et al., 1996). On constate la plupart du temps une forte diminution des effectifs de la faune du sol lors de la mise en culture. C'est particulièrement vrai pour les cultures céréalières (maïs, riz pluvial), sous lesquelles l'essentiel de la faune, particulièrement pour les vers de terre, a disparu (Critchley et al., 1979; Dangerfield, 1989). Le travail mécanique du sol, les pesticides (Clement et al., 1991), principalement les nématicides et les fongicides, et l'utilisation de technique qui laissent le sol à nu durant de longues périodes sont particulièrement néfastes à la macrofaune du sol.

Or la contribution de la faune du sol à l'entretien de la fertilité du sol est de mieux en mieux avérée et des techniques se développent pour stimuler l'activité de ces peuplements considérés comme une ressource (par exemple, la faune qui décompose la

litière et les vers de terre endogés qui conditionnent le sol), ou pour contrôler des populations devenues nuisibles (nématodes phytoparasites, certains termites ou fourmis) (Boyer, 1998; Boyer et al., 1998; Lavelle et al., 1998).

Des travaux récents montrent aussi une relation directe et proportionnelle entre l'activité des vers de terre et la croissance des plantes (Brown et al., 1997) qui semble résulter d'un ensemble de processus à effets immédiats (nutrition minérale de la plante) et différés (entretien de la structure physique du sol: séquestration de la matière organique dans les agrégats).

D'autres travaux montrent que la présence des vers de terre associée à celle de la couverture végétale permanente (lotier "velu", *Lotus uliginosus*), permet d'augmenter la production de matière sèche du maïs (+92%), d'huile essentielle de géranium (+38%), de la production fourragère de la couverture (de 26% à 90%) et de diminuer *in situ* les populations de nématodes phytoparasites (Boyer, 1998). Les mêmes travaux mettent en évidence une diminution significative de la population de borer "rose", *Sesamia calamistis* en présence de la couverture de lotier et de vers de terre qui ont été introduits sous la couverture.

II. OBJECTIFS

Les objectifs de ce travail sont :

- d'étudier les relations existantes entre les pratiques culturales (semis direct, couvertures végétales) et la faune du sol afin de lutter contre certains pathogènes des cultures (nématodes phytoparasites, bactéries, ravageurs), de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires et d'augmenter la fertilité du sol.

Cette étude passe par la connaissance des mécanismes impliqués, permettant aux pratiques culturales de maintenir une forte diversité et abondance de certains invertébrés du sol, tels que les organismes ingénieurs au sens de Jones et al. (1994) (vers de terre, termites, fourmis). De même l'étude des mécanismes qui permettent aux macro-invertébrés du sol d'agir sur les pathogènes des cultures sera abordée.

- de proposer des pratiques agricoles permettant le développement de la faune (macrofaune du sol) afin de restaurer et de maintenir la fertilité du sol.

- de dégager des indices biologiques (basés sur la macrofaune et microflore du sol) de la qualité du sol.

III. MÉTHODES ET PROTOCOLES

1- Sites d'étude - Analyses de la faune et de la microflore du sol

Les recherches de terrain seront conduites, pour les essais thématiques, à la Station des Colimaçons (Côcatre) dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion, où le CIRAD possède des parcelles expérimentales. Sur ces parcelles, divers types de couvertures végétales existent depuis plusieurs années. Des essais seront installés directement chez les agriculteurs. Différents types de cultures, de couvertures, de sols d'altitudes et de climats seront abordés.

Pour la macrofaune du sol, dans chaque site étudié, 10 prélèvements (25 cm x 25 cm x 30 cm), espacés de 5 m seront effectués le long d'un transect choisi au hasard (méthode TSBF, Lavelle, 1988; Anderson & Ingram, 1989). Le peuplement sera détaillé en une trentaine d'unités taxonomiques différentes (au niveau des familles et des ordres). Une détermination à l'espèce sera faite pour les groupes les plus représentés.

L'extraction des nématodes des racines des plantes et du sol sera réalisée selon les techniques de Seinhorst (1950, 1955).

La biomasse microbienne du sol sera faite selon la méthode de la fumigation - extraction (Chaussod & Nicolardot, 1982) et l'activité respiratoire par la méthode de Dommergue (1960).

2- Analyse des mécanismes

L'étude des mécanismes sera réalisée en pot sous serre. On vérifiera les effets des produits phytosanitaires sur les populations de macro-invertébrés et de la microflore du sol. De même, les effets de la présence de certaines composantes de la macrofaune du sol (vers de terre) sur certains pathogènes des cultures (nématodes, bactéries, ravageurs) seront abordés. En laboratoire, des études qualitatives seront faites sur les litières des couvertures végétales utilisées sur le terrain afin d'appréhender les mécanismes pouvant maintenir ou non la faune du sol (N_T , N assimilable, digestibilité enzymatique, polyphénols).

IV. CULTURES ÉTUDIÉES

Plusieurs études (Chambre d'Agriculture, APR) ont montré que dans les petites exploitations des Hauts (agriculture familiale) deux types de cultures sont pratiquées:

1. les cultures de diversification avec le maraîchage et le géranium
2. la canne à sucre, qui représente 20 à 30% de la filière canne.

Ces cultures sont fortement fertilisées et l'utilisation des pesticides est bien souvent mal maîtrisée (doses importantes d'herbicides utilisées).

Les expériences porteront de ce fait sur ces deux groupes de spéculations (cultures maraîchères et la canne à sucre).

Bibliographie

- Basu P., Blanchart E. & Lepage M. (1996). Termite (Isoptera community in the Western Ghats, south India: influence of anthropogenic disturbance of natural vegetation. *Eur. J. Soil Biol.*, 32: 113-121
- Boyer J., Michellon R., Reversat G., Chabanne A. & Tibere R. (1998). Effects of trefoil cover crop and earthworm inoculation on maize crop and soil organisms in Reunion Island. *Biol. Fertil Soil* (in press)
- Boyer J. (1998). Interactions Biologiques (Faune, Ravageur, Parasites, Microflore) dans des sols sous cultures en milieu tropical humide (Ile de la Réunion). Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI): 114p + annexes
- Brown G., Pashanasi B., Gilot C., Patron J.C., Senapati B., Giri S., Barois I. & Blakemore R.J. (1997). Effects of earthworms on plant growth. *In: Conservation of soil fertility in low input agricultural systems of the humid tropics by manipulating earthworm communities. Final report of Macrofauna Project II: 171p*
- Chaussod R. & Nicolardot B. (1982). Mesure de la biomasse microbienne dans les sols cultivés. I. Approche cinétique et estimation simplifiée du carbone facilement minéralisable. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 19: 501-512
- Clements R.O., Murray P.J. & Sturdy R.G. (1991). The impact of 20 years' absence of earthworms and three levels of N fertilizer on a grassland soil environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 36: 75-85
- Critchley B.R., Cook A.G., Critchley U., Perfect T.J., Russelm-Smith A. & Yeadon R. (1979). Effects of bush clearing and soil cultivation on the invertebrate fauna of a forest soil in the humid tropics. *Pedobiologia*, 19: 425-438
- Dangerfield J.M. (1989). Abundance, biomass and diversity of soil macrofauna in savanna woodland and associated managed habitats. *Pedobiologia*, 34: 141-150
- Dommergues Y. (1960). La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'Agronomie Tropicale*, 1: 54-60
- Fragoso C., Brown G., Patron J.C., Blanchart E., Lavelle P., Pashanasi B., Senapati B. & Kumar T. (1997). Agricultural intensification. Soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of earthworms. *Applied Soil Ecology*, 6: 17-37
- Hawksworth D.L. (1991). The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture. Wallingford: CAB International
- Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *OIKOS*, 69: 373-386

Lavelle P., Gilot C. & Pashanasi B. (1994). Soil fauna and sustainable land use in the humid tropics. *In*: I.S. & D. Greenland (Eds.), *Soil resilience and sustainable land use* (291-308), Wallingford, U.K.: CAB International

Lavelle P., Brussaard L. & Hendrix P. (1998). The potential for earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford, U.K.: CAB International (in press)

Schaefer M. & Schauermann J. (1990). The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiol.*, 34: 299-314

Seinhorst J.W. (1950). De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dispaci* (kühn) Filipjev). *Tijdschr. PlZiekr.*, 56: 289-348

Seinhorst J.W. (1955). Een eenvoudige method voor het afschieden van aaltjs uit grond. *Tijdschr. PlZiekr.*, 61: 188-190

ROLE DE LA FAUNE (MACROFAUNE), DE LA MICROFLORE DU SOL ET DES MODES DE GESTION DES CULTURES AVEC COUVERTURES VEGETALES SUR L'ÉVOLUTION DES SOLS ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

COORDINATEURS

CHABANNE André et BOYER Johnny
Chercheurs Agronomes au CIRAD de la Réunion
Station des Colimaçons – 13 CD3 Chemin Petite Ravine - 97416 La Chaloupe Saint Leu
Ile de la Réunion
Tél : 0262 24 80 42
Fax : 0262 24 94 24 / E.mail : boyerj@hpbret.cirad.fr ; chabanne@cirad.fr

RÉSUMÉ

La Réunion, île volcanique, présente des écosystèmes particulièrement fragiles en raison d'un milieu physique difficile et de l'insularité. Un des enjeux majeurs de l'agriculture réunionnaise est d'assurer la durabilité des exploitations, tout en valorisant et protégeant les ressources renouvelables (eau, sols) par un aménagement raisonné des espaces ruraux et la protection contre l'érosion. La gestion d'une agriculture durable vise à proposer des solutions économiquement viables de valorisation agricole, notamment par l'utilisation de pratiques culturales appropriées. La gestion agrobiologique des systèmes de culture peut permettre la restauration et le maintien de l'activité biologique des sols. Celle-ci associée à la protection contre l'érosion permet d'envisager la réduction des intrants chimiques dans les systèmes cultivés. Le programme a donc comme objectifs d'étudier, d'une part, l'évolution de la qualité biologique des sols, et d'autre part, la protection de l'environnement en résultant, sous différents modes de gestion des cultures (couvertures végétales).

THÈMES CONCERNÉS

Agronomie, Ecologie, Microbiologie des sols, Biologie des sols, Parasitologie (Nématologie).

DURÉE DES TRAVAUX

3 ans

Début des travaux : Fin 1999

Fin des travaux : Fin 2002

PARTENAIRES

CIVAM (Centre d'Initiative pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural), Association des Planteurs Expérimentateurs, Université de la Réunion, Université Pierre et Marie Curie, DIREN, IRD (ex ORSTM), CIRAD de Montpellier.

BUDGET ESTIME

	1 année (H.T.)	3 années (H.T.)
FONCTIONNEMENT:		
-Personnel vacataire : 1 personne (technicien) à mi-temps 9000 F/mois x 6 mois :	54 KF	162 KF
-Personnel supplémentaire (aides agricoles) sur le terrain (2 000F/mois) x 10 mois :	20 KF	60 KF
MISSIONS et APPUIS SCIENTIFIQUES :		
-Réunion-Paris (aller-retour) pour analyses spécifiques et études avec les laboratoires et équipes associés :	50 KF	150 KF
ÉQUIPEMENT:		
-Matériel scientifique de terrain et de laboratoire (tensiomètres, balance de terrain, pHmètre...):		100 KF
FONCTIONNEMENT :		
- Fournitures agricoles (engrais, pesticides), carburant, consommable de laboratoire (éthanol, formol, enzymes, ...)	40 KF	120 KF
ANALYSES:		
-Analyses chimiques du sol (C _T , N _T , P _T , nitrates, biomasse microbienne...) :	100 KF	300 KF
TOTAL DES CRÉDITS DEMANDES (HT) :		892 KF
TVA (9,50%)		87,74 KF
TOTAL		979,74 KF

Autres financements attribués dans le cadre d'autres programmes institutionnels :

CIRAD-Région de La Réunion :

- Gestion agrobiologique des sols grâce au semis-direct dans les couvertures mortes ou vives (Responsable : André CHABANNE) : 120 KF/an.

DESCRIPTION DU PROJET DE RECHERCHE

A. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

- Evolution des sols sous cultures

L'évolution des sols en systèmes de culture traditionnels après défriche herbacée est voisine de celle relevée après déforestation. La tendance est à la dégradation des terres après quelques années de cultures. Les rendements se maintiennent, aux fluctuations climatiques près, durant 3 à 6 ans. Au-delà, les rendements agricoles et les aptitudes culturales des sols se dégradent. L'évolution de la productivité des terres est marquée, semble-t-il, par des seuils faisant intervenir le degré de salissement des champs par les mauvaises herbes, l'appauvrissement minéral et le démantèlement de l'organisation structurale de la couche de terre cultivée (Pieri, 1989).

La macrofaune (macro-invertébrés) du sol est très sensible aux conditions de son environnement. A travers sa composition et l'abondance de chacun de ses composants, elle intègre les conditions climatiques, édaphiques et les effets de la végétation qui détermine l'abondance et la qualité des ressources organiques apportées à la litière et au sol. La macrofaune répond de plus aux diverses perturbations pouvant affecter le milieu (pollutions, perturbations physiques). On constate la plupart du temps, une forte diminution des effectifs de la faune du sol lors de la mise en culture. Le travail mécanique du sol, les pesticides (Clément et al., 1991), principalement les nématicides et les fongicides, et l'utilisation de techniques qui laissent le sol à nu durant de longues périodes sont particulièrement néfastes à la faune et microflore du sol.

- Rôles d'un couvert végétal

Les rôles fondamentaux de la matière organique dans le profil cultural sont multiples : sources d'éléments fertilisants (Nye, 1960 ; Sanchez, 1976), formation du complexe argilo-humique participant au maintien de la structure, rétention de l'humidité, protection des sols contre l'érosion par l'amélioration de la structure et par le paillage en surface. Sous couvert forestier ou sous cultures arbustives, la production de matière organique est continue et elle conduit à un écosystème stable et biologiquement actif. Le défrichement et la mise en culture réduisent ce cycle et accélèrent la minéralisation de la matière organique.

La gestion des sols par des couvertures végétales associées aux cultures principales est fondée sur le fonctionnement de la forêt ombrophile et adaptée à l'activité agricole. Elle permet d'assurer un recyclage de la matière organique en surface, une amélioration des propriétés physiques et hydriques des sols (meilleure infiltration et conservation de l'eau) et la restauration et le maintien de l'activité biologique.

- Conséquences environnementales de la gestion agrobiologique

La gestion agrobiologique des sols protège totalement le sol contre l'érosion grâce à une forte biomasse en surface produite par les résidus de récolte, auxquels s'ajoutent la biomasse annuelle des couvertures végétales associées. Elle permet ainsi de protéger les agrégats de surface de l'action déstructurante des gouttes de pluie (Perret, 1992).

La diminution du ruissellement (et donc du lessivage), la décomposition continue de la matière organique fraîche en surface, la récupération par le système racinaire des couvertures végétales des éléments lixiviés, et la restauration de l'activité biologique permettent de réduire les apports en fumure organique et minérale.

De plus, les couvertures végétales assurent un meilleur contrôle des adventices par leurs effets physiques (réduction de la luminosité) et chimiques (effets allélopathiques), ce qui permet de diminuer l'utilisation des herbicides.

Enfin, une réduction des insecticides et des nématicides est observée grâce aux effets des couvertures végétales sur certains complexes parasites (nématodes phytoparasites, borner "roses ") (Boyer, 1998 ; Boyer et al., 1999).

B. PROBLÉMATIQUE A LA RÉUNION

La Réunion est un milieu tropical volcanique insulaire qui présente des spécificités dont il faut tenir compte (caractéristiques hydrodynamiques, topographiques, morphologiques, climatiques, pédologiques, etc...).

Les sols

La nature des sols, leur structure, leur perméabilité, leur capacité d'échange, leur type de matière organique, la variabilité des facteurs climatiques vont déterminer les aptitudes agronomiques. Les sols et les milieux ont été cartographiés par Raunet en 1991. Leur fertilité chimique est également suivie depuis 10 ans par le service agronomique du CIRAD qui réalise 2500 analyses par an. Les sols cultivés sur les versants sont dans leur grande majorité de type andique. Ils sont caractérisés par de faibles valeurs en phosphore assimilable malgré de fortes teneurs en phosphore total. De même, un mauvais fonctionnement de la matière organique est observé malgré de fortes teneurs. Ces particularités sont dues à la présence des allophanes qui fixent le phosphore et la matière organique. De plus, ils sont très sensibles à l'érosion du fait de leur faible perméabilité, des fortes pentes (10 à 30%), des microgranulations hydrophobes en surface et de l'intensité pluviométrique (Perret, 1992; Perret et al. 1996).

- Systèmes de culture

La mise au point de systèmes de semis direct dans une couverture végétale permanente permet, grâce à la production de biomasses importantes, de maintenir le taux de matière organique du sol et d'assurer une protection efficace contre l'érosion. En

zone tropicale d'altitude, sur des terrains tourmentés et pentus, soumis à des précipitations intenses (cyclones...), l'érosion est particulièrement intense sous cultures en sol nu de plantes sarclées. Cela aboutit inexorablement à la dégradation et au décapage de l'horizon humifère présent après une jachère arborée.

La culture itinérante traditionnelle avec jachère arborée s'est progressivement sédentarisée sous l'influence de différents facteurs socio-économiques. L'abandon de la jachère, qui assurait la restauration de la fertilité chimique et de l'activité biologique du sol depuis un demi-siècle, a entraîné, en l'absence de changement notable d'itinéraire technique, une baisse de rendements, accompagnée d'une prolifération des adventices et des maladies. Cette dégradation des conditions agronomiques de culture a contribué à la disparition d'un grand nombre d'exploitations. Pour compenser cette dégradation, on a souvent recours à une très forte utilisation d'engrais (organiques et minéraux) et de pesticides (Michellon, 1996). De plus, il faut ajouter une augmentation de l'érosion pour les cultures en sol nu. Depuis une quinzaine d'années, des systèmes de productions diversifiés (cultures maraîchères, fruitières, fourragères et petits élevages) ont été élaborés avec les agriculteurs pour stabiliser les exploitations et améliorer les rendements.

- Faune du sol

La pratique traditionnelle des cultures en sol nu (canne à sucre, géranium), s'accompagne d'une diminution de la fertilité et de la qualité biologique du sol. La diversité et l'abondance des communautés de macro-invertébrés et l'importance relative des groupes majeurs (vers de terre, termites et fourmis) peuvent être utilisées comme indicateurs de la qualité du sol (Stork and Eggleton, 1992). En comparaison avec une jachère arborée, l'abondance des macro-invertébrés est 18 fois inférieure sous sol nu (Boyer et al., 1996). Sous monoculture de géranium (*Pelargonium x asperum*) on observe une diminution drastique de la faune en comparaison avec une jachère arborée qui représente l'état originel. L'utilisation de couvertures végétales permanentes permet de restaurer cette faune et son activité (Boyer, 1998 ; Boyer et al., 1999).

- Protection de l'environnement

Du point de vue agronomique, le suivi du devenir des éléments apportés dans le sol par les amendements organiques, les engrais et les pesticides divers est un moyen de "raisonner" les intrants, ce qui constitue un facteur d'amélioration de la gestion des systèmes cultivés. Du point de vue de l'environnement, il s'agit de prévenir une pollution par lessivage et lixiviation des intrants et de leurs sous produits qui entraîne une contamination des eaux souterraines (nappes phréatiques) et superficielles (rivières, lagon).

Ces données montrent l'étendue et les enjeux de la problématique de l'utilisation des intrants. Ils confirment l'importance et l'urgence de mettre en place des pratiques culturales permettant de réduire ces différents facteurs de pollution.

C. SITUATION ACTUELLE DU SUJET

Plantes de couvertures et semis-direct

Les couvertures végétales sont étudiées depuis une dizaine d'années à l'île de la Réunion. Elles assurent une protection totale contre l'érosion et réduisent, d'une part, les besoins en fumier et en engrais minéraux, et, d'autre part, la prolifération des mauvaises herbes, diminuant ainsi les sarclages et les herbicides (Michellon, 1996; Seguy et al., 1996). Selon les contraintes et les besoins, les agriculteurs ont recours à des techniques variées qui schématiquement peuvent être divisées en deux voies :

- conserver en place les résidus (de défriche ou de récolte et adventices) ou procéder à des recharges en biomasse (paillis).
- les couvertures herbacées permanentes, solution définitive à condition de gérer l'association entre la plante cultivée et la couverture.

La pratique du semis direct sur tapis végétal, restaure l'activité biologique du sol, permet de lutter contre l'érosion, assure une meilleure conservation de l'eau, réduit l'apport d'intrants, diminue les temps et la pénibilité des travaux.

Faune et Microflore du sol

Parmi les groupes majeurs, les vers de terre sont une composante principale de la communauté de la faune du sol dans la plupart des écosystèmes des régions tropicales (Lavelle et al., 1992). Plus de 50% de la biomasse totale de la faune est représentée par celle des vers de terre. De nombreux travaux ont mis en évidence une corrélation entre l'abondance des vers de terre et la production des plantes cultivées (Pashanasi et al., 1992; Fragoso et al., 1997; Lavelle et al., 1999). En présence de vers, on observe une augmentation de la minéralisation de la matière organique (Martin, 1991; Lavelle et al., 1992).

Peu d'études portant sur la macrofaune ont été réalisées à La Réunion. Les travaux de Boyer et al. (1996) montrent qu'en comparaison avec une culture en sol nu et une jachère arborée âgée de 15 ans, la pratique du géranium associé aux couvertures végétales permanentes permettait de restaurer et de maintenir la faune. Certaines légumineuses de couverture permettent de maintenir la population de vers de terre (une des composantes de la macrofaune du sol) et leur association augmente la production de maïs sans utilisation d'intrants (engrais organique et minéral, produits phytosanitaires), diminue la population de microfaune parasitaire (nématodes phytoparasites) et augmente la biomasse et l'activité de la microflore (Boyer et al., 1999).

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1) Il s'agit tout d'abord d'étudier dans différentes situations l'aptitude de diverses couvertures végétales à restaurer et maintenir une forte population de la faune (macrofaune) et microflore du sol et de diminuer les populations de parasites des végétaux (nématodes). Pour ce faire on se propose :

i) d'analyser la macrofaune, la microfaune parasitaire (nématodes) et la microflore sous divers systèmes cultivés

ii) d'étudier les principaux facteurs déterminant la composition et l'abondance des peuplements de macro-invertébrés du sol (climat, sol, espèces végétales, composition chimique des litières) et les mécanismes qui sont impliqués dans la diminution des peuplements parasites (augmentation de la porosité du sol néfaste au déplacement de certains parasites, action physiologique directe ou indirecte de certaines composantes de la macrofaune sur des prédateurs).

2) Il s'agira ensuite de diminuer l'utilisation d'intrants chimiques (engrais, produits phytosanitaires) par les modes de gestion des cultures (semis direct, couvertures végétales) associés à la macrofaune et microflore du sol. Les travaux consisteront à quantifier la fourniture d'éléments nutritifs par les sols dans les différents systèmes étudiés (couvertures + faune) afin de pouvoir évaluer les possibilités de réduction des quantités d'engrais. De même, il s'agira d'apprécier la réduction potentielle des pesticides grâce aux couvertures végétales et à la macrofaune du sol qui leur est associée (suivi de l'état phytosanitaire des cultures principales et de l'état de salissement des parcelles par les adventices).

N.B. : Les effets bénéfiques des couvertures sur le contrôle de l'érosion et sur les bilans hydriques ont été étudiés par ailleurs (Michellon, 1996; Perret et al., 1996).

RÉSULTATS ATTENDUS

Proposer des pratiques agricoles permettant de restaurer et de maintenir le fonctionnement biologique du sol, en diminuant l'apport d'intrants et en protégeant l'environnement.

HYPOTHÈSES

1) Les modes de gestion des cultures (semis-direct, couvertures végétales) favorisent le développement de certaines composantes de la macrofaune du sol qui ont une action sur la fourniture d'éléments nutritifs aux cultures.

2) Certaines pratiques culturales (couvertures végétales) et certaines composantes de la macrofaune du sol, par leur mode trophique et leur mode développement ont un impact sur les niveaux de population de certains parasites et ravageurs des cultures.

MÉTHODES ET PROTOCOLES

1. Sites de recherche

La Réunion, de par ses multiples biotopes, constitue un véritable laboratoire d'étude. C'est pourquoi les recherches de terrain seront conduites dans l'Ouest, le Sud et le Sud - Est de l'île en milieu semi-contrôlé et chez les agriculteurs. Différents types de cultures, de couvertures (légumineuses et graminées annuelles et pérennes), de sols, d'altitudes et de climats seront abordés. Ce dispositif multilocal est représentatif d'une large diversité écologique en zone tropicale humide. Les résultats attendus pourront être appliqués à d'autres écologies en région tropicale ou sub-tropicale.

- 1.1. Les Hauts de l'Ouest (800-1200 m d'altitude, pluviométrie et température moyennes de 1500 mm et 18-20°C). Le sol est de type andique (Andosol) marqué par une forte carence en phosphore due aux allophanes (1500-3000 ppm en phosphore total et seulement 150-400 ppm en phosphore " assimilable " selon la méthode d'Olsen modifiée Dabin).
- 1.2. Le Sud : 250 m d'altitude, température et pluviométrie moyennes de 22-24°C et 1500 mm sur sol brun andique. Quantité élevée en phosphore total (800-1200 ppm en surface) et le phosphore "assimilable " (Olsen) ne représente que 50 à 200 ppm. Il s'agit d'une carence « moyenne à faible ».
- 1.3. Le Sud - Est : pluviométrie et température moyennes annuelles, 4000 mm et 22-24°C sur coulées basaltiques récentes ("grattons " à très faible désagrégation superficielle : sols peu évolués lithiques humifères). A la demande des agriculteurs de cette région, il s'agit i) de suivre l'évolution du fonctionnement biologique du sol sur des parcelles défrichées de façon mécanique et manuelle ii) de protéger et de restaurer l'activité biologique du sol par l'utilisation de couvertures végétales pérennes.

2. Les mode de gestion des cultures

Sur chaque site, le témoin traditionnel cultivé en sol nu sera comparé aux systèmes de culture avec couvertures végétales à base de légumineuses et de graminées. Celles-ci seront choisies en fonction de leurs aptitudes reconnues pour : leur rapidité de production de biomasse, leur effet allélopathique, leur exploitation fourragère et leurs qualités agronomiques générales (système racinaire, fixation symbiotique de l'azote). Ces dispositifs vont permettre de dégager des facteurs explicatifs (type de sol, altitude, pluviométrie, température) de la variabilité observée pour les différents paramètres étudiés (macrofaune, nématodes, microflore, rendement).

Dans l'Ouest, les cultures principales sont le maraîchage et le géranium. Les couvertures seront choisies, pour les légumineuses, parmi le lotier (*Lotus uliginosus*), l'arachide pérenne (*Arachis pintoï*), le trèfle (*Trifolium sp.*), et pour les graminées, parmi l'avoine (*Avena sp.*), le ray-gras (*Lolium sp.*), le dactyle (*Dactylis sp.*), le kikuyu (*Pennisetum clandestinum*).

Pour le Sud, les cultures étudiées seront la tomate et/ou le maïs. Les couvertures végétales seront choisies, pour les légumineuses, parmi la mucuna (*Stizolobium sp.*), l'arachide pérenne (*A. pintoï*), et les graminées, parmi le *Chloris sp.*, le *Paspalum sp.*, le *Brachiaria sp.* et l'*Eleusine sp.*

Dans le Sud-Est, les couvertures végétales seront les mêmes que celles du Sud et les plantes cultivées : la vanille, le palmiste et le riz pluvial.

Dans l'Ouest et dans le Sud, différents niveaux de fertilisation organique (avec ou sans) et minérale (0, dose préconisée et dose réduite), de même que différents niveaux de protection phytosanitaire chimique seront testés. Les traitements seront de type statistique (essais blocs ou split-plot à 4 ou 5 répétitions).

3. Analyses

3.1. Macrofaune et microfaune (nématodes phytoparasites) du sol

Pour la macrofaune et dans chaque site étudié, 10 prélèvements (25 cm x 25 cm x 30 cm) espacés de 5 m seront effectués le long d'un transect choisi au hasard (méthode TSBF, Anderson & Ingram, 1993). Le peuplement sera détaillé en unités taxonomiques différentes (au niveau des familles et des ordres). Une détermination à l'espèce sera faite pour les groupes les plus représentés.

Lors de chaque prélèvement (avant la mise en place des couvertures végétales et des cultures principales et à la fin de chaque cycle cultural), le système racinaire de 10 plantes prélevées au hasard (pour chaque traitement) sera placé en asperseur pendant 2 semaines afin d'extraire les nématodes des racines (Seinhorst, 1950). A partir du sol de la rhizosphère seront extraits les nématodes par la méthode des deux bouteilles (Seinhorst, 1955). La population totale de nématodes sera la somme de celle des racines et de celle du sol. Les espèces seront déterminées si nécessaire avec les partenaires (IRD).

3.2. Microflore du sol

Sur les mêmes prélèvements de la macrofaune, des analyses microbiologiques seront effectuées. Il s'agit de suivre l'évolution de la biomasse et des activités microbiennes en fonction des pratiques culturales. L'estimation de la biomasse microbienne sera faite selon la méthode de la fumigation-extraction. L'activité microbienne sera évaluée selon deux voies i) l'activité respiratoire (Dommergue, 1960) et ii) les activités enzymatiques.

Les enzymes étudiés seront ceux du groupe dégradant la lignine, ceux intervenant dans le cycle du carbone (polysaccharidases), de l'azote (uréase, protéases) et du phosphore (phosphatases).

3.3. Analyses chimiques du sol

Parallèlement aux analyses biologiques, un suivi de la fertilité chimique sera réalisé (C, N_T, P_T, P_{assimilable}, Ca⁺⁺, K⁺...) par les méthodes standards.

3.4. Le comportement des cultures principales

Le comportement des différentes cultures principales sur chaque mode de gestion sera apprécié par des observations relatives : aux cycles culturaux, aux facteurs du rendement et à l'état phytosanitaire (attaques de ravageurs et maladies).

3.5. Analyses des données

Les données de la macrofaune ainsi collectées seront confrontées avec celles du sol, de la microflore, de la végétation par des analyses multivariées appropriées (AFC, ACP ou analyses de coinertie). Des indices synthétiques pertinents de la qualité du sol pourront être mis au point permettant ainsi un rapide diagnostic agronomique.

CALENDRIER D'EXÉCUTION

La restauration et la stabilisation des processus chimiques, physiques et biologiques impliqués sous les différents modes de gestion des cultures sont progressifs et fonction de l'évolution des conditions environnementales créées par les systèmes de culture. Leur suivi nécessite donc une échelle de temps suffisamment large (Michellon, 1996) et un nombre important de dates de prélèvement afin de suivre plus précisément la dynamique

Première année : Mise en place des couvertures et du dispositif expérimental.

Deuxième année : Observations et analyses des données agronomiques, écologiques, microbiologiques, nématologiques.

Troisième année : Observations et analyses des données agronomiques, écologiques, microbiologiques, nématologiques et traitement des données (corrélations, courbes de réponse, indices biologiques).

BIBLIOGRAPHIE SUCCINTE ET RÉFÉRENCES CITÉES

- Anderson J.M. & Ingram J. (1993). Tropical Soil Biology and Fertility. A handbook of Methods. 2de edition. C.A.B., Oxford : 221p
- Boyer J., Michellon R. & Lavelle P. (1996). Characterisation of Macrofauna in *Pelargonium x asperum* plantations with different management options. In *Proceeding of XII International Colloquium on Soil Zoology*, Dublin, 21-26 July, 1996, 236 (Abstr.)
- Boyer J., Michellon R., Chabanne A., Reversat G. & Tibere R. (1999). Effects of trefoil cover crop and earthworm inoculation on maize crop and soil organisms in Reunion Island. *Biol. Fertil. Soils*, 28 : 364-370
- Boyer J. (1998). Interactions Biologiques (Faune, Parasites, Microflore) dans des sols sous cultures en milieu tropical humide (Ile de la Réunion). Thèse de doctorat de l'Université Paris VI, Pierre et Marie Curie, Paris: 114p + annexes
- Clement R.O., Murray P.J. & Sturdy R.G. (1991). The impact of 20 years' absence of earthworms and three levels of N fertilizer on a grassland soil environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 36 : 75-85
- Dommergues Y. (1960). La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'Agronomie Tropicale* 1 : 54-60
- Fragoso C., Brown G.G, Patron J.C., Blanchart E., Lavelle P., Pashanasi B. & Kumar T. (1997). Agricultural intensification. Soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology*, 6: 17-37
- Lavelle P., Melendez G., Pashanasi B. & Schaefer R. (1992). Nitrogen mineralization and reorganization in casts of the geophagous tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae). *Biol. Fertil. Soils*, 14: 49-53
- Lavelle P., Brussaard L. & Hendrix P. (1999). The potential for earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford, UK: CAB-International. (in press)
- Martin A. (1991). Short-and-long-term effects of endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biol. Fertil. of Soils*, 11 : 234-238
- Michellon R. (1996). Modes de gestion écologique des sols et systèmes de culture à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. Rapport CIRAD-CA n°47/96, St Denis de la Réunion: 103p
- Nye P.H. (1960). Organic nutrient cycles under a moist tropical forest. *Plant and Soil*, 13 : 333-346
- Pashanasi B., Melendez G., Szott L. & Lavelle P. (1992). Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1655-1659

- Perret S. (1992). Etude des propriétés physiques, hydriques et mécaniques de sols anciens de la Réunion. Facteurs naturels et anthropiques d'évolution des horizons culturels, implications agronomiques et écologiques. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier: 279p+annexes
- Perret S., Michellon R., Boyer J. & Tassin J. (1996). Soil rehabilitation and erosion control through agro-ecological practices on Reunion Island (French Overseas Department, Indian ocean). *Agriculture, ecosystems and environment*, 59 (3): 149-157
- Pierre C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération et du Développement et le CIRAD-IRAT : 444p
- Raulet M. (1991). Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. CIRAD-IRAT/Région Réunion : 438p
- Sanchez P.A. (1976). Properties and management of soils in the tropics. Wiley Interscience, New York, Etats-Unis : 618p
- Seguy L, Bouzinac S, Trentini A & Côrtes NA (1996). L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et Développement* 12: 2-61
- Seinhorst J.W. (1950). De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. PZiekr.* 56 : 339-348
- Seinhorst J.W. (1955). Een eenvoudige method voor het afschenden van aaltjes uit grond. *Tijdschr. PZiekr.* 61 : 188-190
- Stork JNE and Eggleton P (1992) Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American J Alternative Agriculture* 7: 38-55

IMPACT DES MODES DE GESTION DES CULTURES SUR LA FAUNE, LA MICROFLORE DES SOLS ET SUR L'ÉTAT PHYTOSANITAIRE DES PLANTES CULTIVÉES. MISE AU POINT D'INDICATEURS BIOLOGIQUES DE LA QUALITÉ DES SOLS.

I. INTRODUCTION

La mise en culture des sols a le plus souvent pour effet de détruire la faune du sol (Desjardins et al., 1994). Cela est particulièrement vrai pour les cultures céréalières (maïs, riz pluvial), sous lesquelles l'essentiel de la faune, à commencer par les vers de terre, a disparu (Critchley et al., 1979; Dangerfield, 1989; Lavelle & Pashanasi, 1989; Lavelle et al., 1994).

Dans de nombreuses régions les systèmes à forts intrants ont montré qu'ils n'étaient pas rentables pour des raisons d'ordre socio-économique, pédologique et écologique. La recherche s'est tournée vers d'autres systèmes d'exploitation en essayant de lever le principal obstacle s'opposant au maintien à long terme de ce type d'agriculture, c'est à dire la baisse de la fertilité du sol qui intervient lorsqu'on cultive trop longtemps au même endroit.

Parmi les nombreux facteurs déterminant cette diminution de la qualité des sols, le dérèglement de l'activité des macroorganismes (invertébrés et racines) du sol joue un rôle clef car il influence à la fois les propriétés physiques et chimiques du sol, les cycles des nutriments et la croissance des plantes. Les macroinvertébrés occupent une place importante dans les processus liés à la fertilité des sols et il est possible d'utiliser la macrofaune comme indicateur de la qualité d'un sol (Lavelle, 1988; Stork & Eggleton, 1992; Lavelle et al., 1992).

De nombreux modes de gestion durable des systèmes de culture ont été conçus et développés par le CIRAD depuis 1970 (Seguy et al., 1996). Les systèmes mis au point sont pratiqués en semis direct sous couvertures végétale permanente, morte ou vivante (Seguy et al., 1996). Ces techniques permettent l'augmentation significative des rendements en diminuant les intrants, la pénibilité du travail (lutte contre les adventices) et en protégeant l'environnement par la lutte contre l'érosion (Michellon, 1996; Perret et al., 1996). Sous ces techniques culturales une intense activité biologique a été observée mais peu d'études ont été faites (Boyer et al., 1996). On constate, de ce fait, que la fertilité du sol est souvent exprimée par des paramètres agronomiques, chimiques et physiques du sol et que peu de paramètres biologiques sont pris en compte.

Il paraît important cependant, de compléter cette évaluation de la fertilité par la caractérisation de la faune utile et nuisible, du fonctionnement de la microflore du sol et de l'état phytosanitaire des cultures.

Des études ont montré que l'utilisation de couverture végétale permettait de maintenir certaines composantes de la macrofaune des sols (vers de terre) et que leur association diminuait les populations de nématodes dans les racines de la culture principale (Boyer et al., 1998).

La méthode du semis direct sous couverture permet justement de maintenir un fort peuplement d'invertébrés et particulièrement les organismes ingénieurs qui ont des effets très importants sur la structure du sol et la dynamique de la matière organique. Il importe de caractériser cet impact avec précision et de vérifier que les peuplements, en place offrent toutes les garanties d'une viabilité à long terme.

II. OBJECTIFS

Les recherches porteront sur certaines composantes de la faune (macrofaune, microfaune parasitaire, ravageurs et auxiliaires des cultures), de la microflore des sols et sur les corrélations pouvant exister entre elles et la spéculation principale en fonction des techniques culturales utilisées. On se propose ainsi d'étudier (à court, moyen et long terme):

1) l'influence des écosystèmes cultivés et des techniques culturales (semis direct sous couverture végétale vivante) sur la composition et l'abondance des peuplements de la faune des sols (macrofaune, microfaune parasitaire, ravageurs et auxiliaires), sur le fonctionnement de la microflore et d'étudier les facteurs favorisant le maintien de certaines de ces populations.

2) l'impact et les mécanismes d'action des modes de culture et de la macrofaune sur les parasites et ravageurs des cultures (lutte biologique).

3) la possibilité de mettre en évidence des indicateurs de la pression des parasites et des ravageurs participant aux indicateurs de fertilité et de la qualité des sols.

1) Impact des techniques culturales sur la faune et la microflore des sols

1.1. Caractérisation et étude de l'évolution des populations (potentiel biotique) de la faune des sols : macrofaune (diversité, densité et biomasse), les ravageurs et les auxiliaires (nématodes phytoparasites, lépidoptères, coléoptères, mollusques...) et la

microflore (biomasse, activités respiratoires et enzymatiques) dans le temps (sur plusieurs cycles culturaux et sur les différentes saisons).

1.2. Étude des facteurs et mécanismes permettant de maintenir une forte population en macroinvertébrés du sol : litière (biomasse, taux de lignine, de polyphénols, C, N, vitesse de décomposition, valeurs fourragères et valeurs nutritionnelles pour les principaux groupes de la macrofaune), conditions microclimatiques du sol (T° , humidité) et analyse des paramètres physiques (structure, densité apparente) et chimiques du sol, en particulier caractérisation de la matière organique (C, N et dégradation des fractions granulométriques).

2. Impact des modes de culture et de la macrofaune sur les parasites et ravageurs des cultures

2.1. Étude de la dynamique des principaux ravageurs et agents pathogènes, et détermination de seuils (nuisibilité, infestabilité).

2.2. Étude des facteurs et mécanismes en jeux et en particulier rôle de la couverture végétale et de la faune des sols sur la pression parasitaire. Rôle de plantes pièges ou de leurre joué par la couverture, rôle des exsudats racinaires dans les phénomènes d'attraction ou de répulsion (lectines, composés nématocides ou nématostatiques...) des parasites. Étude du rôle de prédation de certains composants de la macrofaune envers certains prédateurs.

3. Indicateurs de fertilité

On vérifiera s'il existe des corrélations entre les différents compartiments et facteurs étudiés. Des indices autres que les rendements seront recherchés:

- indices de pression de parasites et de ravageurs (seuils)
- indices bio-indicateurs de la fertilité basés sur la macrofaune des sols (diversité, densités, biomasses)
- indices basés sur la microflore des sols (minéralisation du carbone et de l'azote, N_{micro}/C_{bact} , C_{resp}/C_{microb} , enzymes du sol)
- indices basés sur la qualité de la litière.

BIBLIOGRAPHIE

- Boyer J., Michellon R. & Lavelle P. (1996). Characterisation of Macrofauna in *Pelargonium x asperum* plantations with different management options. *In Proceeding of XII International Colloquium on Soil Zoology*, Dublin, 21-26 July, 1996, 236 (Abstr.).
- Boyer J., Michellon R., Reversat G. & Tibere R. (1998). Effects of trefoil cover crop and earthworm inoculation on maize crop and soil organisms in Reunion Island. *Biology and Fertility of Soils*. (in press)
- Bressard M., Loury J., Albrecht A., Chotte J.L., Laurent J.Y. & Feller C. (1988). *In*: Feller C., éd. Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes. Effets des restitutions organiques. Fort-de-France, ORSTOM : 47-54
- Critchley B.R., Cook A.G., Critchley U., Perfect T.J., Russell-Smith A. & Yeadon R. (1979). Effects of bush clearing and soil cultivation on the invertebrate fauna of a forest soil in the humid tropics. *Pedobiologia*, 19: 425-438
- Dangerfield J.M. (1989). Abundance, biomass and diversity of soil macrofauna in savana woodland and associated managed habitats. *Pedobiologia*, 34: 141-150
- Deceens T., Lavelle P., Jimenez Jaen J.J., Escobar G. & Rippstein G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil Biol.*, 30(4): 157-168
- Lavelle P., Dangerfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez-Hernandez D., Pashanasi B. & Brussaard L. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. M.J. Swift & P. Woerner (eds.), New York. John Wiley-Sayce
- Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Spain A.V. & Martin S. (1992). Impact of Soil Fauna on the Properties of Soils in the Humid Tropics. *In*: Myths and Science of Soils of the Tropics, Soil Science Society of America Special Publication n°29. 157-185
- Lavelle P. & Pashanasi B. (1989). Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33: 283-291
- Lavelle P. (1988). Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical soils: Aims and Methods. *In*: Ghabbour, S.I. & R.C. (eds.). Proceedings of the Seminar on Ressources of Soil Fauna in Egypt and Africa. Cairo, 16-17 april 1986. *Revue Zool. Af. - J. Af. Zool.* 102: 275-283
- Michellon R. (1996). Modes de gestion écologique des sols et systèmes de culture à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. CIRAD-CA, Rapport N° 47-96: 97 pp
- Perrin S., Michellon R., Boyer J. & Tassin J. (1996). Soil rehabilitation and erosion control through agro-ecological practices on Reunion Island (French Overseas Territory, Indian Ocean). *Agriculture Ecosystems and Environment*, 59: 149-157
- Pierrot C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Paris. Ministère de la Coopération et du Développement, CIRD: 444 pp
- Segal L., Bouzinac S. Trentini A. & Côrtes N.A. (1996). L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et développement*, 12: 4-59
- Stone N.E. & Eggleton P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American J. Alternative Agriculture*, 7 (1): 38-55

BUDGET

1- EQUIPEMENT DE LABORATOIRE

MATÉRIEL	F
Balance de précision – SARTORIUS	26 400
Balance (16 kg) SARTORIUS	5 497
Etuve bactériologique	10 270
Etuve (Régulation mécanique)	21 860
Etuve réfrigérée	24 790
Stéréomicroscope zoom	7 700
Générateur lumière froide pour stéréomicroscope	2 872
Câbles fibres optique pour stéréomicroscope	1 549
Microscope standard 25 (contraste de phase)	25 400
Spectrophotomètre GENESYS 5	41 520
Imprimante graphique pour spectrophotomètre	4 230
Carte basique + carte sauvegarde pour spectrophotomètre	1 605
Support cuve longue pour spectrophotomètre	579
Cuves quartz 10 mm pour spectrophotomètre	657
Dessiccateur à infra-rouge pour matière sèche	22 500
Appareil à eau distillée (EASY pure RO)	18 800
Kit de démarrage pour EASY pure RO	3 579
Bain-marie thermostat (8 l)	4 859
Hotte à flux laminaire vertical (90)	24 350
pHmètre (Knick 500)	3 905
Statif pour agitateur pHmètre	1 107
Electrode pour pHmètre	1 307
Agitateur à hélice pour pHmètre	1 175
Plaque chauffante (50°C - 500°C)	3 858
Agitateur (Vortex)	1 249
Statif de maintien pour agitateur (Vortex)	444
Autoclave de pailleasse	23 020
Appareil photo numérique Fuji focale fixe	5 900
Frais d'emballage, de transport et de transitaire	49 018
TOTAL	340 000 F

2- FONCTIONNEMENT (DUREE DES TRAVAUX : 3 ANS)

	F/an	F/3 ans
<u>PRODUITS CONSOMMABLES</u>		
Terrain		
* engrais	20 000	60 000
* pesticides	15 000	45 000
* petit outillage d'expérimentation	5 000	15 000
* carburant et lubrifiant pour matériel de terrain motorisé et véhicule	7 000	21 000
Laboratoire		
* produits chimiques (soude, acides, alcool, enzymes, formol...) et petit matériel (flacons polypropylène, tubes à hémolyse...)	23 056,90	69 170,70
* produits bactériologiques (boîtes de Pétri, agar-agar, lames et lamelles pour microscope, milieux d'isolement et d'identification bactérien...)	22 477,50	67 432,50
<u>ANALYSES</u>		
* analyses chimiques (carbone, azote, phosphore, éléments minéraux) et microbiologiques (biomasse microbienne) du sol : 160 échantillons à 359,16 F l'unité	57 465,60	172 396,80
TOTAL	150 000 F	450 000 F

TOTAL DES CRÉDITS DEMANDÉS	F/3 ans
EQUIPEMENT LABORATOIRE	340 000
FONCTIONNEMENT	450 000
TOTAL	790 000 F

PREPARATION DU CONTRAT DE PLAN 2000-2006

Groupe de travail « DEVELOPPEMENT DURABLE »

Janvier 1999

THEME : Développement durable des territoires

Intitulé de l'action : Réduction des intrants et protection de l'environnement par la gestion des écosystèmes cultivés et des ressources renouvelables

Justification :

Les conditions climato-morpho-pédologiques spécifiques et les pratiques culturelles rencontrées à La Réunion imposent de porter une attention particulière sur les phénomènes d'érosion (perte du capital sol, entretien des infrastructures et apports terrigènes dans le lagon). La surexploitation des sols, les coûts élevés des intrants chimiques et la nécessaire protection de l'environnement (nappes phréatiques, cours d'eau) montrent qu'il est impératif de mettre au point des techniques culturales permettant de réduire l'utilisation des intrants. Les systèmes de culture à base de couvertures végétales qui favorisent aussi la réactivation de l'activité biologique des sols permettent d'apporter une solution satisfaisante.

Points forts/Points faibles

Des systèmes de culture à base de couvertures végétales vivantes ou mortes (recharge en biomasse) déjà mis au point et testés avec les agriculteurs ont montré leur efficacité sur la lutte anti-érosive, la gestion de la fertilité, la réduction des temps de travaux et des coûts de production. Plusieurs travaux ont en effet montré l'impact de la faune (macroinvertébrés) et de la microflore sur les processus chimiques et physiques du sol et leurs relations avec la fertilité.

Ces techniques nécessitent, cependant, une adaptation aux diverses écologies de l'île et aux degrés de technicité des agriculteurs. De plus, une meilleure connaissance des interactions existantes entre ces techniques, la faune du sol, la microflore et les phénomènes d'allélopathie, contribuant à une augmentation de la fertilité, est nécessaire.

Partenaires : (qui sont-ils ? quelles positions prévisibles ?)

Forte demande des partenaires techniques (APR, Chambre d'Agriculture, Civam, lycées agricoles, CFPPA, Cloe, Université, IRD, Radoi : réseau agriculture durable de l'océan Indien). Partenaires financiers intéressés (Région, Sica, Europe, Ministère).

Evaluation financière

MONTANT en SF	part ETAT	parts prévisionnelles des autres partenaires				
		Région	Département	Communes	Communautés de communes	Europe
41123	?	?	?			?

LA GOUTTE D'ENCRE

**53 place Thermidor
Le Parvis des Facultés
34000 MONTPELLIER
FRANCE
Tél : 04-67-65-30-96**