

**Création de systèmes agricoles durables
avec couverture végétale permanente
à Mayotte**

Mission du 19 au 26 février 2003

Roger MICHELLON

CIRAD CA, ONG TAFA Antsirabe Madagascar



Djiva en redescendant vers l'Est

Mayotte connaît depuis quelques années un développement économique considérable, mais se trouve confronté à une croissance démographique très forte (près de 6 % par an), sur un espace limité.

Le secteur agricole occupe encore une grande partie de la main d'œuvre et constitue un réservoir pour le reste de l'économie, mais sans évolution rapide des techniques, les systèmes de culture actuels ne pourront se maintenir et mettront en péril les autres ressources de l'île.

Pour diminuer la pression foncière, des activités salariées sont développées dans d'autres secteurs, avec des résultats encore insuffisants. Des systèmes de production agricole et d'élevage plus adaptés ou intensifs sont mis en place, mais de nouvelles évolutions sont nécessaires.

Des propositions ont été faites il y a une décennie, pour un appui du CIRAD au développement agricole de l'île (MICHELLON, 1991) :

- Valoriser les acquis disponibles, par un bilan des expérimentations réalisées à Mayotte,
- Identifier les problèmes devant être résolus par transfert de connaissances ou expérimentation locale,
- Mobiliser les compétences du CIRAD, et, en particulier des équipes présentes à la Réunion.

Dans une première phase, l'intervention du CIRAD s'est focalisée (PEYRACHE, 1999) sur :

- des études pédologiques et sur les facteurs de dégradation du milieu par l'érosion (LATRILLE, 1997 ; RAUNET, 1992 ; GUILLOBEZ, 2002 ; SARRAILH, 2002)
- des inventaires de parasites et maladies des végétaux ou animaux, et leurs moyens de lutte éventuels (BORDAT, 1993 ; MOURICHON, 1996 ; QUILICI, 1996 ; GIRARD, 1997 ; GOEBEL, 1997 ; CAMUS, 1998 ; JENNY, 1998 ; FOURE, De MEILLAC, 1999)
- une meilleure connaissance de l'activité des ménages agricoles, du fonctionnement des exploitations et des itinéraires techniques pratiqués (LEPLAIDEUR, 1996 ; BARTHES BINA, 1999 ; VALLEE et al, 1999 ; NINOT, 2001 ; LOSCH, SOURISSEAU, 2002)

Mais l'un des problèmes majeurs des systèmes de production, l'érosion des sols et la dégradation de la fertilité, subsiste. Des propositions ont été faites pour la mise en œuvre d'un programme de création-diffusion de modes de gestion du sol et d'aménagement agrobiologique des exploitations et des terroirs (MICHELLON,1991 ; RAUNET, 1992 ; GOUD, DEMARNE, 1996 ; ARRIVETS, 1998) grâce aux systèmes de culture sur couvertures végétales (SEGUY, BOUZINAC,2001)

Elles se sont concrétisées par la mise en place récente d'un programme de recherche sur l'amélioration des systèmes de culture et maîtrise de l'érosion (AUTFRAY, 2001), auquel cette mission vient en appui.

La première constatation est que l'agriculture évolue peu (MICHELLON, 1991), et continue à se dégrader.



Padzas près de Abawa



Msamboro – « La Gratte »

- une déforestation accrue, pour la récupération de terres encore fertiles limitant les ressources en eau et en bois d'œuvre.
- une intense érosion, favorisée en outre par le surpâturage, et qui se traduit par l'apparition de zones décapées dans les terroirs (nouveaux "padzas") et par des dépôts terrigènes dans les lagons compromettant ainsi pêche, tourisme, aquaculture,...

Les systèmes de production traditionnels n'apparaissent plus cependant comme le facteur principal de l'érosion des terres et de l'envasement du lagon. Les dégâts occasionnés par les constructions et infrastructures, liés à une démographie galopante et un développement rapide, semblent encore plus graves¹.

Il en découle qu'un programme de sensibilisation et formation doit être entrepris pour un large public. Il concerne aussi bien les agriculteurs, les jeunes qui se destinent à l'agriculture, que les élèves de l'enseignement général et d'autres catégories professionnelles : conducteurs d'engin, chefs de chantiers, paysagistes...

A cet effet, une mallette pédagogique pour la formation à la lutte contre l'érosion a été conçue pour l'île de la Réunion (A.P.R), mais la démarche retenue garde toute sa validité pour d'autres contextes d'utilisation, en particulier pour Mayotte. Elle comporte un guide du formateur, une note technique de référence, des fiches, bandes dessinées et outils audiovisuels (séries de diapositives, cassettes vidéo, film, affiche).

En ce qui concerne le domaine agricole, les outils de formation doivent être théoriques, mais aussi pratiques. Des dispositifs de « Création – Diffusion – Formation » pérennisés doivent être créés ou complétés en partenariat avec les agriculteurs et les acteurs du développement.

¹ Le public concerné risque d'ailleurs de ne plus comprendre les messages concernant la lutte contre l'érosion. Ainsi une agricultrice de M'Tzamboro, Madi Mariana, a vu sa parcelle en surplomb du lagon, recouverte par les déblais du terrassement du collège en construction, alors qu'un mois plutôt, elle avait dû répondre à une enquête sur l'envasement de ce même lagon.

I. L'AGRICULTURE TRADITIONNELLE ET SON EVOLUTION

L'agriculture concerne la majeure partie de la population de l'île : les ménages agricoles, en augmentation ces dernières années, représentent en effet plus de la moitié du nombre total des ménages de l'île (dont la population totale est voisine de 200 000 habitants).

Les surfaces sont consacrées principalement aux cultures vivrières : bananier, manioc, maïs, ambrevade (*Cajanus cajan*), riz, conduites en association et sous couvert d'arbres fruitiers : manguier, cocotier, jacquier, litchi,..... Ces productions occuperaient près de la moitié des terres à vocation agricole (dont la surface est voisine de 20 000 ha, si les réserves forestières sont exclues, ainsi que l'habitat, les routes et les zones de pente supérieure à 35%). Les terrains les plus propices à ces productions, autrefois cultivés par de grandes concessions coloniales (plateau de Combani,...), semblent moins occupés, tandis que les zones escarpées paraissent surexploitées, d'autant qu'aucun aménagement n'est réalisé. Le mode de faire-valoir, souvent précaire et parfois illégal, n'incite pas à préserver le capital foncier.

Hormis les cultures d'exportation : Ylang Ylang (21t d'huile essentielle en moyenne de 1981 à 1990, 17t de 1991 à 2000), vanille (5t de gousses préparées), la production agricole est essentiellement autoconsommée, ou donnée, ainsi que les produits de l'élevage.

Le système de culture est itinérant après jachère arborée, composée principalement d'"avocat marron" (*Litsea laurifolia*) ou de "corbeille d'or" (*Lantana camara*). Le défrichage de la "gratte" (parcelle cultivée) s'effectue en hiver : il consiste à couper les arbres, en laissant subsister les fruitiers, et à brûler la végétation pour mettre le sol à nu. Les semis et plantations sont réalisés en association et échelonnés selon les espèces : maïs, puis manioc et bananier, puis ambrevade un mois plus tard...

Deux ou trois sarclages permettent d'entretenir la parcelle pendant l'été ; et en deuxième et troisième année, un simple nettoyage permet de ressemer les plantes à cycle court.

De nombreuses autres espèces complètent les productions : vohème (*Vigna unguiculata*), ambérique (*Phaseolus mungo var. aureus*), igname, taro, patate douce,... auxquelles s'ajoutent les fruits, les produits de la pêche et de l'élevage extensif en particulier bovin et caprin. Les cultures maraîchères : tomate, aubergine, piment,... sont aussi présentes dans la gratte, mais elles sont surtout développées dans les plaines alluviales, où les femmes exploitent très intensivement, en saison sèche, des microparcelles irriguées (une centaine d'ha au total). Ces jardins familiaux villageois, plus ou moins spécialisés selon les zones, produisent de nombreux légumes-feuilles : "brède mafane" (*Spilanthes oleracea*), "brède morelle" (*Solanum nigrum*), "brède pariétaire" (*Amaranthus sp.*) ; brède chou de chine (*Brassica sinensis*), laitues, ... ainsi que tomates, choux, carottes, aubergines,...

La commercialisation des surplus des cultures vivrières (bananes et tubercules) tend à se développer, ainsi que les productions maraîchères et les fruits (oranges, noix de coco,...).

Les intrants sont très réduits, et pour la « gratte » en particulier, la restauration de la fertilité du sol était assurée par la jachère arborée. Mais la durée de cette jachère apparaît considérablement réduite, passant de 10 ans (1930) à moins de 2 ans, ainsi que le couvert agroforestier. Cet abandon de la jachère, sans changement de techniques culturales, ni aménagement antiérosif, conduit à :

- une dégradation rapide de la fertilité des sols, en l'absence de restitutions organiques, et donc à une diminution des rendements et de la valorisation de la main d'œuvre.

II. DISPOSITIFS DE CREATION - DIFFUSION - FORMATION

Le diagnostic initial a confirmé la dégradation des performances technico économiques des systèmes de production (VALLEE et al, 1999) :

- avec une très faible productivité des cultures, liée à la baisse de fertilité des sols et à la détérioration de l'état sanitaire des plantes (cercosporiose du bananier,...), à leur plus grande sensibilité au manque d'eau,...
- et des temps de travaux qui augmentent en fonction de l'envahissement par les mauvaises herbes.

La recherche action va donc agir en priorité pour :

- arrêter l'érosion
- réduire les temps de travaux, leur pénibilité
- restaurer, puis maintenir la fertilité des sols à moindre coût :
 - avec le même niveau de fumure qu'utilisent les agriculteurs, pour proposer une réponse à court terme
 - avec des niveaux d'intrants plus élevés pour préparer les scénarios du futur pour les agriculteurs et les décideurs.
- diversifier les systèmes de culture et de production (meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage)

La maîtrise de systèmes nouveaux nécessite que leur mise au point soit réalisée sur des unités de paysage représentatives, avec la participation effective des agriculteurs et des acteurs du développement (SEGUY, 1982 ; MICHELLON, BRIDIER, 1988)

L'évaluation agrotechnique et économique rigoureuse des propositions par rapport aux techniques traditionnelles est réalisée sur des dispositifs d'étude pérennisés, sur un intervalle de temps suffisant, nécessaire pour prendre en compte les variabilités climatiques et économiques. Ils sont conduits sur une dizaine d'ares, représentatives du parcellaire sur forte pente, et permettant d'évaluer (MICHELLON, 1996) :

- les rendements des cultures et leur stabilité, en fonction de la variabilité du milieu ,
- les temps de travaux et leur pénibilité, ainsi que les coûts des intrants, les marges obtenues et la valorisation de la journée de travail (marge brute divisée par le nombre de jours de travail) ,
- l'effet des accident climatiques (pluies torrentielles,...) et leurs préjudices.

Localement le choix des agriculteurs s'est orienté vers des partenaires pouvant s'impliquer dans une expérimentation participative sur plusieurs années, et appartenant essentiellement à des ménages agricoles pluriactifs (AUTFRAY, 1991) .

Les trois sites de références sont représentatifs de la variabilité du milieu naturel et de l'évolution du volcanisme de l'île :

- au nord, sous une pluviométrie moyenne de 1 700 mm, après une jachère à "avocat marron" (Litsea laurifolia) à Bandrandzia, ou , si sa durée est réduite, à "gazon coco" (Panicum umbelatum) , à Bouyouni ,
- au sud, en zone plus sèche (900 mm), après "corbeille d'or" (Lantana camara) à Mbouini .

Les problèmes rencontrés dans chaque système sont résolus à partir d'essais thématiques permettant d'améliorer les itinéraires techniques, de proposer des solutions alternatives et d'expliquer les phénomènes observés.

III. MIEUX INTEGRER LES PROPOSITIONS DANS DES AMENAGEMENTS D'ENSEMBLE

Certains sites ou parcelles en cours d'installation sont détruits par l'érosion ou par les apports de terre provenant des terrains en amont, compromettant les objectifs globaux des expérimentations. Il est nécessaire de les intégrer dans des aménagements d'ensemble, élaborés avec les agriculteurs et les partenaires du développement, et permettant de recréer un « bocage » agroforestier (espèces pérennes utiles disposées en mélange ou en haies suivant les courbes de niveau ou les lisières des parcelles) .

Le système agroforestier traditionnel s'est dégradé d'année en année par surexploitation. La densité des arbres régresse dans les parcelles avec la réduction de la jachère. Pourtant, cet étage arboré joue un rôle important dans la conservation des sols et de l'eau :

- restauration de la fertilité (recyclage des éléments minéraux et enrichissement en matière organique, stimulation de la micro et macrofaune, amélioration de la structure et de la porosité,..),
- protection totale contre l'érosion (SARRAILH, 2002) ,
- réduction du ruissellement, grâce à une infiltration accrue.

L'association des cultures dans ces systèmes améliore la productivité du sol et la valorisation des journées de travail.

Les espèces arbustives sont nombreuses à Mayotte et leurs utilisations (qu'il est utile de connaître pour des conseils adaptés) sont très variées :

- fruits (WEIBEL, 1997) et feuilles , écorces parfois, à usages alimentaires ou médicaux,
- fourrage, apiculture,
- bois de feu, de service ou d'œuvre,
- protection contre la divagation des animaux ou le vol (en bordure des parcelles)

Pour la constitution des haies antiérosives en courbe de niveau, ces espèces peuvent être complétées :

- par les résidus de la défriche, mis en andains pour ne pas gêner dans les parcelles,
- par certaines cultures déjà pratiquées par l'agriculteur : ananas, .., ou nouvelles : banagrass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), Guatemala grass (*Tripsacum laxum*) .

Ces haies jouent un rôle très important dans la fixation d'une agriculture durable qui peut être illustré à partir de références obtenus en sol volcanique, à la Réunion (MICHELLON, 1996).

Le défrichage de la forêt d'*Acacia mearnsii*, suivi par une culture continue, entraînent une dégradation des propriétés physiques du sol (tableau 1) : agrégation et stabilité structurale. La déstructuration des horizons de surface s'accompagne d'un colmatage des pores. La conductivité hydraulique à saturation devient très faible sous monoculture (40 mm/h, contre 250 mm/h, sous forêt). L'eau s'infiltré peu et ruisselle. La haie antiérosive (*Calliandra calothyrsus*) améliore très sensiblement la conductivité hydraulique (225 mm/h) : elle joue en quelque sorte le rôle d'un fossé d'infiltration pour l'eau. Les couvertures herbacées d'installation plus récentes dans les essais conduisent à une conductivité hydraulique intermédiaire (70 à 105 mm/ha) entre la monoculture et la forêt, mais cet effet concerne toute la surface du champ. Elles assurent une protection totale contre l'érosion.

Mode de gestion du sol	Agrégation et stabilité structurale du sol :		Conductivité hydraulique à saturation en mm/h
	Indice d'émiettement en mm	Indice de stabilité (S)	
Jachère arborée d' <i>Acacia</i>	2,50	0,92	250
Sol nu dégradé en monoculture (sans apport de fumier)			
- plein champ	1,10	0,52	40
- à 1 m d'une haie de Calliandra	1,60	0,60	70
- sous la haie de Calliandra	2,36	0,84	225
Rotation de cultures avec apport de fumier (5t/ha/an)	1,11	0,76	60
Cultures avec couvertures végétales (sans fumier)			
- graminée : kikuyu (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	1,41	0,83	105
- légumineuse : lotier (<i>Lotus uliginosus</i>)	1,37	0,87	70

Tableau 1 : Evolution des propriétés physiques et hydrodynamiques d'un sol volcanique en fonction de son mode de gestion (d'après PERRET, MICHELLON, TASSIN, 1998)

Les efforts concernant la lutte contre l'érosion sont déjà anciens à Mayotte. Des techniques sont décrites dès 1981 (LATRILLE) associant :

- des moyens mécaniques : murettes de pierres sèches, cordons vivants de vétyver (*Vétyveria zizanoïdes*), labour en courbe de niveau et culture sur billons isohypsés, sous-solage,...
- aux moyens d'actions biologiques : culture en bandes alternées (pâturage...)

Mais ces préconisations sont trop contraignantes pour l'agriculteur qui n'est pas sensibilisé (ni formé) sur les problèmes d'érosion, mais plutôt sur ses conséquences. Plus récemment, des haies antiérosives ont été installées par les techniciens (lors des actions de lutte contre les brûlis) avec une espèce fourragère, *Leuceana leucocephala*, considérée comme une mauvaise herbe envahissante (dans le Sud).

Les solutions sont nombreuses, elles doivent être adaptées en fonction du projet de l'agriculteur, de son statut foncier,...

La mise en œuvre de ces aménagements d'ensemble devrait être abordée à l'échelle des terroirs villageois qui intègrent à la fois (SEGUY, 2002) :

- les unités de paysage dans leur ensemble : cultures sur colline, maraîchage dans la plaine littorale, pêche dans le lagon.
- la gestion communautaire des ressources : eau, troupeaux, filières de production, ...
- la démonstration d'impacts : effets sur l'érosion, la production des cultures, réaction des agriculteurs,...
- un lieu privilégié de formation où les contraintes socio-économiques sont prises en compte par les divers acteurs (aménagement des solutions pour l'appropriation)

- un lieu idéal d'intégration des divers intervenants : recherche participative, formation, diffusion, agriculteurs.

Plusieurs associations sont déjà formées, ou en cours de création, et concernent les agriculteurs d'un village ou d'un bassin versant, souvent motivés par l'utilisation de matériel en commun (debroussailleuses), l'aménagement de pistes, l'hydraulique,... ainsi que l'expérimentation et la formation. Nous pouvons citer :

- les groupements de vulgarisation agricole (G.V.A) au nombre de 28, soit plus de 300 adhérents (A.D.V.A, 1999) ,
- le groupement de Bouyouni, axé sur la rénovation de la cocoteraie ,
- le bassin versant de Moya, dont l'aménagement va être entrepris avec le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (C.E.L) .

IV. DIVERSIFIER LES SYSTEMES DE PRODUCTION PROPOSES

Depuis de nombreuses années, les agriculteurs et leurs partenaires du développement recherchent des solutions à la dégradation des systèmes de production : baisse des rendements et de la valorisation du travail.

Outre les actions de Défense et Restauration des Sols (D.R.S) décrites précédemment, des apports de matière organique sont pratiqués grâce aux déchets de l'élevage avicole et au compostage. Ces restitutions, encore limitées, ne doivent pas être négligées : le maraîchage a pu se développer de manière spectaculaire à la Réunion grâce au « bœuf fumier » (élevé spécialement avec cet objectif, près des parcelles). En sol volcanique (MICHELLON, 1996), les apports de matière organique ont une action prépondérante sur les rendements, en particulier des cultures vivrières qui conservent un statut privilégié auprès des agriculteurs. Ils permettent de régulariser leur production, malgré les incertitudes climatiques et la variabilité de la fertilité du sol. La matière organique localisée en faible quantité (de l'ordre de 5t/ha) présente, lorsqu'elle n'est pas renouvelée, une action limitée sur la culture suivante. A moyen terme, ses effets permettent de restaurer la fertilité.

Le labour par entreprise reste limité (moins de 100 ha) en raison de l'exiguïté des parcelles, souvent très pentues et enclavées. Ses effets semblent favorables : il améliorerait la levée et l'enracinement superficiel des plantes. Mais en sol d'origine volcanique, il provoque une baisse de rendement de la plupart des cultures à cycle court, car il entraîne un assèchement, une déstructuration du sol et accroît considérablement l'érosion.

Il semble que la campagne contre les brûlis ait fait régresser cette technique de défrichage, malgré les avantages traditionnellement attendus : une « belle récolte » en première année, avec un travail de mise à nu du sol facilité.

Cet itinéraire traditionnel a été conservé comme témoin dans les 3 dispositifs de mise au point de systèmes de culture associés, conduits par la recherche en 2002 (AUTFRAY) . Les traitements comparés (selon 2 fumures), comportent une préparation du terrain à l'herbicide et l'implantation d'une légumineuse vivrière destinée à couvrir le sol, auxquels s'ajoute le labour à Bouyouni.

Après cette phase préliminaire, mise à profit pour l'évaluation du matériel végétal, il serait nécessaire d'accroître le nombre de propositions en fonction du milieu et en liaison avec les agriculteurs et le développement.

Les groupements évoqués (G.V.A, C.E.L,...) sont des partenaires privilégiés pour l'étude de ces systèmes de culture et de production diversifiés. Leurs objectifs sont identiques à ceux de la recherche et les actions qu'ils conduisent demandent à être « alimentées » par des innovations durables (lutte contre l'érosion, amélioration de la fertilité des sols et des itinéraires techniques, intégration de l'agriculture et de l'élevage,...).

Les outils de gestion agrobiologique des sols, l'agroforesterie, associée aux techniques nouvelles de semis direct sur couverture végétale permanente vont permettre de proposer des systèmes de culture diversifiés dans un environnement protégé.

4.1. Défriche sans brûlis

Outre les moyens mécaniques pouvant faciliter la défriche : broyeur, "pelle-araignée" (engin automoteur muni d'un broyeur et d'une pelle, se déplaçant dans les fortes pentes, utilisé avec succès à la Réunion) qui laissent des résidus hachés sur le sol, il est possible d'utiliser des outils biologiques (CHARPENTIER et al, 2001).

Les zones boisées se trouvent souvent sur des pentes relativement fortes, les parcelles les plus accessibles ayant été défrichées. Après brûlis l'érosion et la perte de fertilité y seraient très importantes.

La technique, mise au point au Brésil et adaptée à Madagascar, consiste à tuer sur pied les plus gros arbres, jugés inutiles, en les annelant à la base et à couper les petits arbres et arbustes en ne débardant que les plus grosses branches. Très peu de débris végétaux sont exportés de la parcelle et le mulch résiduel protège totalement le sol de l'érosion ; la fertilité initiale est entièrement conservée.

La première année, des légumineuses volubiles, comme le mucuna, sont installées dès la fin du défrichement. Elles vont couvrir rapidement le sol, favoriser la décomposition des débris végétaux et de la biomasse racinaire, et fournir un apport important d'azote dans le profil. La parcelle peut alors être emblavée en maïs la campagne suivante, en semis direct sur mulch mort de mucuna. En zone humide, le mucuna peut rester un an sur la parcelle, il se resème en effet naturellement après sa fructification, qui a lieu 5 à 6 mois après semis.

Cette technique offre aussi l'avantage de supprimer le blocage de l'azote (observé sur les céréales) l'année du défrichement.

4.2. Modes de gestion du sol

Outre le désherbage manuel traditionnel, les dispositifs de Création – Diffusion – Formation doivent comparer et apporter des références technico-économiques sur les différents modes de gestion du sol qui sont diffusés ou pourraient l'être dans un proche avenir :

- débroussaillage mécanique :

L'utilisation de débroussailleuses se généralise à presque tous les membres des G.V.A. (et devrait être introduite dans les dispositifs de recherche)

- herbicides :

Ils ne sont pas vendus aux agriculteurs mahorais. Le glyphosate est utilisé pour la préparation du terrain et l'entretien des dispositifs de recherche. Il a aussi fait l'objet de tests, chez 5 agriculteurs en 2002, dans des systèmes à bananiers (AUTFRAY). Ses effets ne sont pas satisfaisants sur l'"avocat marron" (*L. laurifolia*), mais par contre, il permet de gérer aisément les parcelles à "gazon coco" (*P. umbelatum*)

Son emploi nécessite une bonne technicité: en cas de surdosage, la couverture risque de disparaître et d'être remplacée par des adventices résistantes et plus difficiles à maîtriser, telles *Cyperus rotundus*.

- production de biomasse grâce à des cultures annuelles associées ou des plantes de couvertures :

La réussite du semis direct qui consiste à installer les cultures sans remaniement du sol excepté aux emplacements où sont déposées les semences, repose principalement dans les écologies tropicales (CHARPENTIER et al, 2001) sur :

- la présence d'une couverture permanente du sol, assurée par les résidus de récolte ou des plantes productrices de biomasse ,
- la restructuration du profil, et surtout le recyclage d'éléments lixiviés durant le cycle de la culture principale, par d'autres cultures ou plantes de couverture à systèmes racinaires puissants , finissant leur cycle en saison sèche. C'est la notion de pompe biologique permanente fonctionnant à l'image de l'écosystème forestier (SEGUY, BOUZINAC ; 2001)

D'où la proposition des systèmes intégrant :

1- des associations de culture à systèmes racinaires complémentaires (céréales / légumineuses) :

- ❖ biomasse par les résidus des deux cultures.
- ❖ recyclage des éléments.
- ❖ apport d'azote par la légumineuse

Cette option a été choisie dans les dispositifs de recherche en associant : maïs / dolique (*Dolichos lablab*) ou maïs/ *Vigna umbellata*, sous la strate d'espèces pérennes (cocotiers, agrumes, bananiers).

D'autres associations pourraient leur être comparées : maïs / ambrevade (*Cajanus cajan*) cultivé partout à Mayotte, maïs / niébé (*Vigna unguiculata*), maïs / amérique (*Phaseolus mungo* var *aureus*). Le manioc pourrait venir en rotation avec ces systèmes.

2- des successions de cultures (légumineuses / céréales, céréales / légumineuses)

- ❖ recyclage des éléments et restructuration du profil par la deuxième culture.
- ❖ biomasse par les résidus des deux cultures.
- ❖ apport d'azote par la légumineuse.

Avec par exemple un test : niébé cycle court (*V. unguiculata*) + sorgho.

3- des associations de cultures et de plantes de couvertures avec :

❖ des légumineuses productrices de biomasse et d'azote :

- annuelles : Mucuna (potentiel de production à Dembeni de 6t/ha de matière sèche pour *Mucuna cochinchinensis* , mais à utiliser avec précaution dans certains associations, car elle est très volubile : bananier...)
- vivaces volubiles : Siratro, *Macroptilium atropurpureum* (5 t/ha M.S.), *Pueraria phaseoloides* (11 t/ ha MS).

(recyclage des éléments)

- vivaces fourragères : *Stylosanthes guianensis* (7 t/ha M.S., permettant un recyclage des éléments).
- vivaces fourragères rampantes : arachide pérenne, *Arachis pintoï* (6 t/ha M.S., couverture vive possible dans la culture)

❖ des graminées vivaces fourragères : *Brachiaria brizantha* (8 t/ ha M.S.), *B. ruziziensis* (9 t/ha MS , avec restructuration et recharge en carbone du profil, recyclage des éléments)

Les plantes de couverture sont choisies par la somme des qualités agronomiques qu'elles possèdent :

- couverture totale du sol (espèces à rhizome ou stolon),
- pérennité de la couverture,
- facilité d'implantation et de multiplication,
- facilité de contrôle soit par les animaux (alimentation fourragère), soit par herbicides,
- amélioration de la fertilité,
- agressivité vis à vis des adventices.

Il n'est pas nécessaire d'immobiliser de surface pour leur installation. Leur développement est favorisé sous couvert d'une culture vivrière ou maraîchère et de plus, lorsque l'implantation est simultanée, le rendement de la culture ne semble pas affecté par cette pratique. Sans charges supplémentaires, des techniques culturales adaptées permettent de réduire considérablement les temps de travaux, en particulier de désherbage.

Dans les terrains les plus pauvres, cultivés avec les espèces les plus rustiques comme le manioc, les couvertures peuvent être implantées avec pralinage des boutures. Le pralinage consiste en un trempage des racines ou de l'extrémité des boutures dans une bouillie fertilisante, composée d'un tiers d'eau, d'un tiers de terre argileuse et un tiers de fumier (et pouvant être enrichie par un engrais).

Des propositions similaires peuvent être faites pour faciliter l'implantation par graines des légumineuses. L'inoculation par la souche de rhizobium spécifique est souvent nécessaire lors de l'introduction d'une nouvelle légumineuse dans une zone (voir l'annexe I). L'enrobage des semences avec de la chaux, du phosphate et parfois des oligoéléments, permet de modifier l'environnement immédiat de la graine en cours de germination de manière à permettre l'établissement de la symbiose , et le développement de la plantule sans recourir à un amendement onéreux du terrain.

Parmi les légumineuses, Stylosanthes guianensis s'avère l'une des plus prometteuses en terme de facilité de gestion et de valeur fourragère (AUTFRAY, 1991). Son port érigé pourrait permettre son introduction dans les systèmes de monoculture de banane (sous strate arborée). Dans cette situation qui représente une part importante des surfaces cultivées, l'arachide pérenne, Arachis pintoï, serait à comparer car cette espèce à port bas (maximum 30 cm), supporte bien l'ombrage. Elle peut être associée aux plantes vivrières et maraîchères (maïs, tomate,...), mais elle est surtout employée dans les vergers et bananeraies (MICHELLON, TECHER, 1996), bien qu'elle concurrence parfois les jeunes sujets, en particulier pour l'eau (JOHNS, 1994) .

V- CONSEQUENCES FAVORABLES SUR LE MILIEU :

Les systèmes de culture sur couvertures végétales induisent des effets favorables sur le milieu :

- protection totale contre l'érosion et forte réduction du ruissellement.
- meilleure conservation de l'eau grâce à une infiltration accrue, au piégeage de la rosée, à un effet mulch
- restauration de la fertilité avec réactivation de la macrofaune du sol, amélioration de sa porosité et stabilité, stimulation de l'activité microbienne induisant un recyclage rapide des éléments minéraux et de la matière organique.

Les besoins en fumier peuvent être réduits, ainsi que les fumures minérales (fixation symbiotique d'azote).

- amélioration de l'état sanitaire des cultures.

Les contraintes des systèmes de culture mahorais, auxquelles les agriculteurs sont les plus sensibles et demandent des références, sont (AUTFRAY, 2002) :

- ❖ le manque d'eau, principal facteur limitant de la production agricole ,
- ❖ la cercosporiose, bien que les pertes soient moins graves dans les bananeraies les mieux entretenues ,
- ❖ et dans les systèmes à jachère de courte durée :
 - les adventices, qui envahissent aussi les bananeraies ouvertes ,
 - la baisse de la fertilité, très sensible également dans les bananeraies fermées.

5.1- Economie de l'eau

La couverture assure une meilleure conservation de l'eau. Elle réduit le ruissellement et permet un filtrage continu des eaux de surface. Elle augmente l'infiltration et modifie aussi sensiblement le bilan hydrique , car elle protège le sol contre l'évaporation et capte les rosées nocturnes, très importantes en zone littorale, mais inexistantes en sol nu.

Contrairement au paillage seul (obtenu par débroussaillage), la couverture vive ajoute sa consommation à celle des cultures associées, mais elle valorise aussi les stocks d'eau qu'elle puise sur une grande profondeur.

Le bilan semble positif car un sol couvert apparaît toujours plus humide. Mais ses caractéristiques physiques et hydriques sont totalement modifiées, en particulier sa conductivité hydraulique et sa capacité de rétention en eau sont sensiblement augmentées.

Une étude pragmatique consisterait à quantifier l'économie d'eau induite par le système avec couverture végétale en comparant son rendement à celui obtenu en sol nu , sous plusieurs régimes d'irrigation .

Des études tensiométrique menées à différentes profondeurs (car les enracinements sont modifiés en présence d'une couverture) permettraient d'évaluer la disponibilité de l'eau pour la plante (quantifiée en terme de succion de l'eau du sol) et les flux hydriques (VEILLET, 1993).

5.2- Maîtrise des adventices :

L'invasion par les adventices constitue l'un des facteurs essentiels de dégradation du système traditionnel. L'enherbement, limité pendant les premiers mois qui suivent la défriche, devient ensuite difficile à maîtriser par de simples sarclages, en particulier pendant la saison humide pour les plantes à multiplication végétative.

En présence d'une couverture, la prolifération des mauvaises herbes apparaît réduite dans le tapis végétal, voire contrôlée par le tapis lui-même. Outre les difficultés d'installation des adventices dans un couvert végétal dense (semences photosensibles masquées par la litière), certaines plantes de couverture présentent des effets allélopathiques. Ce phénomène est dû à l'émission de substances organiques par leurs tissus qui inhibent ou stimulent la croissance des plantes se développant à leur voisinage, ou leur succédant sur le même terrain.

La comparaison selon les systèmes de culture, de l'évolution de l'enherbement peut-être effectuée simplement sur des carrés d'observation (de 5 m x 5m, avec notation régulière du taux de recouvrement du sol et du pourcentage de chaque adventice). Des méthodes statistiques permettent des évaluations plus précises sur l'évolution de la flore, mais sans quantifier la concurrence avec les cultures.

5.3- Restauration de la fertilité et lutte contre l'érosion

La comparaison des systèmes de culture montre le rôle prépondérant des couvertures végétales sur la fertilité des sols grâce à leur réactivation biologique. Les conséquences sur le milieu sont très favorables : restauration de la fertilité par la macrofaune du sol et l'activité racinaire des plantes, amélioration de la porosité et stabilité, stimulation de l'activité microbienne induisant un recyclage rapide des éléments minéraux et de la matière organique, protection totale contre l'érosion et réduction du ruissellement (tableau 2).

Type de sol et mode de gestion	Ruissellement en mm/h	Perte en terre en kg/h/ha
Intensité de pluie en mm/h	45 à 72	45 à 72
Sol nu dégradé (en monoculture)	13 à 31	208 à 635
Sol nu non dégradé (avec rotation)	2 à 22	10 à 207
Sol avec couverture végétale vive	0 à 15	0 à 7

Tableau 2 : Données de simulation de pluie : ruissellement et perte en terre selon l'intensité de pluie, le mode de gestion et le niveau de dégradation d'un sol volcanique (PERRET, MICHELLON, TASSIN, 1998)

La couverture du sol assure une protection totale contre l'érosion, qui constitue pour les partenaires (et le public) un indicateur de dégradation des sols et des lagons. La présence d'une couverture herbacée continue sur le sol :

- protège les structures superficielles de l'action déstabilisante des gouttes de pluie (effet splash,...)
- assure un ancrage racinaire de ces structures.
- permet le filtrage continu des eaux de ruissellement (effet peigne)
- et diminue l'énergie cinétique de la nappe ruisselante.

Des mesures d'érosion sont prévues à Moja, en relation avec le CEL. Les comparaisons envisagées sur forte pente portent sur des systèmes de culture de manioc en sol nu et avec couverture végétale (par exemple avec paillage ou en rotation avec une association céréale / légumineuse) pour lesquels nous pouvons estimer les pertes en terre respectivement à 100t/ha/an et à une quantité quasiment nulle (SARRAILH, 2002).

Plutôt que de recourir à des outils de mesure très coûteux (surtout en temps), tels que case d'érosion ou simulateur de pluie, il est possible d'installer des " piquets d'érosion" dans les différents systèmes et d'évaluer les pertes en terre grâce à une croix métallique.

Dans chaque parcelle, des séries de piquets sont alignées suivant l'axe de la plus grande pente, dans des zones comparables (état du sol, pente homogène de 25 % par exemple,...). Les piquets métalliques de 1,5 m sont enfoncés bien verticalement dans le sol , à une profondeur de 0,8 m environ et une distance de 2,25 m. Le niveau du sol peut être noté à la peinture pour les visiteurs, mais les observations se feront grâce à une croix métallique (avec des branches de 0,75 m) qui se positionne exactement sur le piquet (horizontalement et dans l'alignement des autres piquet). Les mesures portent sur les distances de chaque extrémité de la croix au sol (pour les différentes séries de piquet recoupant transversalement les parcelles), et sont réalisées au minimum annuellement ou après chaque période critique : buttage du manioc en sol nu (supprimé en SDCV), cyclone...

Les pertes en terre varient selon les systèmes de quelques mm à plusieurs cm.

Nous avons aussi utilisé des cuvettes enterrées dans le champ et munies en amont d'un petit réceptacle en tôle pliée (mais il y a risque de vol) .

A la Réunion, les estimations conduisent à des pertes de 20 à 50 t/ha/an sur des pentes de 12% sur andosol , avec un maximum de 200 t/ha/an après un labour réalisé juste avant une pluie de forte intensité (référence marquante pour la formation : 40 camions de terre par ha !)

5.4- Amélioration de l'état sanitaire

En présence d'une couverture l'état sanitaire des cultures est le plus souvent amélioré. Nous pouvons citer quelques exemples importants dans les îles de l'océan Indien, concernant les :

- plantes parasites :
Disparition des dégâts du *Striga asiatica* sur céréales sur les zones littorales et de moyenne altitude à Madagascar.
- ravageurs :
 - réduction des dégâts de la mouche du gros genou du haricot, *Ophyomia phaseoli*.
 - Arrêt des attaques de *Crateopus humeralis* sur géranium rosat, pêcher, pommier en présence d'une couverture de lotier velu (*Lotus uliginosus* , plante piège).
 - Rôle de leurre du système racinaire des plantes de couverture à l'égard des larves de ver blanc (*Hoplochelus marginalis*).

Ces modifications de la faune peuvent présenter des inconvénients, comme la prolifération des limaces et escargots en zone plus humide. Ces dégâts paraissent plus importants lors des premières expérimentations sur des zones couvertes réduites. Mais par la suite un équilibre biologique semble s'établir, peut-être grâce aux nombreuses espèces carnivores , espèces qui sont déjà présentes à Mayotte (ABDOU et al, 2002).

- maladies :

- réduction des dégâts de l'antracnose du géranium rosat, *Glomerella vanillae* (Zim.) Petch. et Rag. var. *Pelargoni* Bouriquet, dont la dissémination des spores serait favorisée par les éclaboussures de terre en sol nu.
- Contrôle du mildiou, *Phytophthora infestans* sur pomme de terre.
- Disparition d'une maladie d'origine tellurique, l'une des plus graves sous les tropiques, dénommée "maladie de la terre", à la Réunion, *Ralstonia solanacearum* anciennement *Pseudomonas solanacearum* biotype 1, sur géranium rosat et solanacées (tomate) sur couverture de kikuyu, *Pennisetum clandestinum*.

Dès le début des expérimentations, il est donc nécessaire de mettre en place des observations précises, en association avec les spécialistes (Service de Protection des Végétaux), sur les principales maladies (Cercosporiose,...) et parasites.

5.5- Evolution de la qualité des produits

Le choix des espèces de couverture vive affecte la qualité des productions. Ainsi les fruits de la tomate, produite en saison cyclonique sur une couverture de kikuyu sont très appréciés pour leur commercialisation (fermeté, teneur en matière sèche supérieure,...), alors qu'ils ne se conservent pas pour une culture en sol nu ou sur couverture de légumineuse (lotier velu).

Une attention soutenue devra être apportée à la qualité des productions à usage industriel de Mayotte, en particulier vanille et Ylang -Ylang. Ainsi en ce qui concerne le géranium Bourbon , la qualité de l'huile essentielle apparaît très semblable à celle obtenue en sol nu avec couverture de kikuyu . Il est cependant conseillé de supprimer la fumure azoté (100 unités/ha) en présence de lotier velu pour éviter de l'altérer (augmentation anormale de la teneur en isomenthone en été) .

VI- CONCLUSIONS

Ces propositions, auxquelles il faut ajouter la consolidation des échanges entre les partenaires des îles de l'Océan Indien , en particulier des associations d'agriculteurs , devraient permettre de reconstruire des systèmes agricoles durables à Mayotte, grâce aux outils biologiques tels que les couvertures végétales.

L'ensemble des effets favorables induits par ces nouvelles techniques et la protection totale du sol vis à vis des accidents climatiques , devraient conduire à moyen terme, à une amélioration très nette des conditions de production, à une diversification et une stabilisation des exploitations agricoles.

Les conséquences dépassent le cadre des ménages agricoles, par la préservation des infrastructures et du lagon , la mise en valeur touristique.



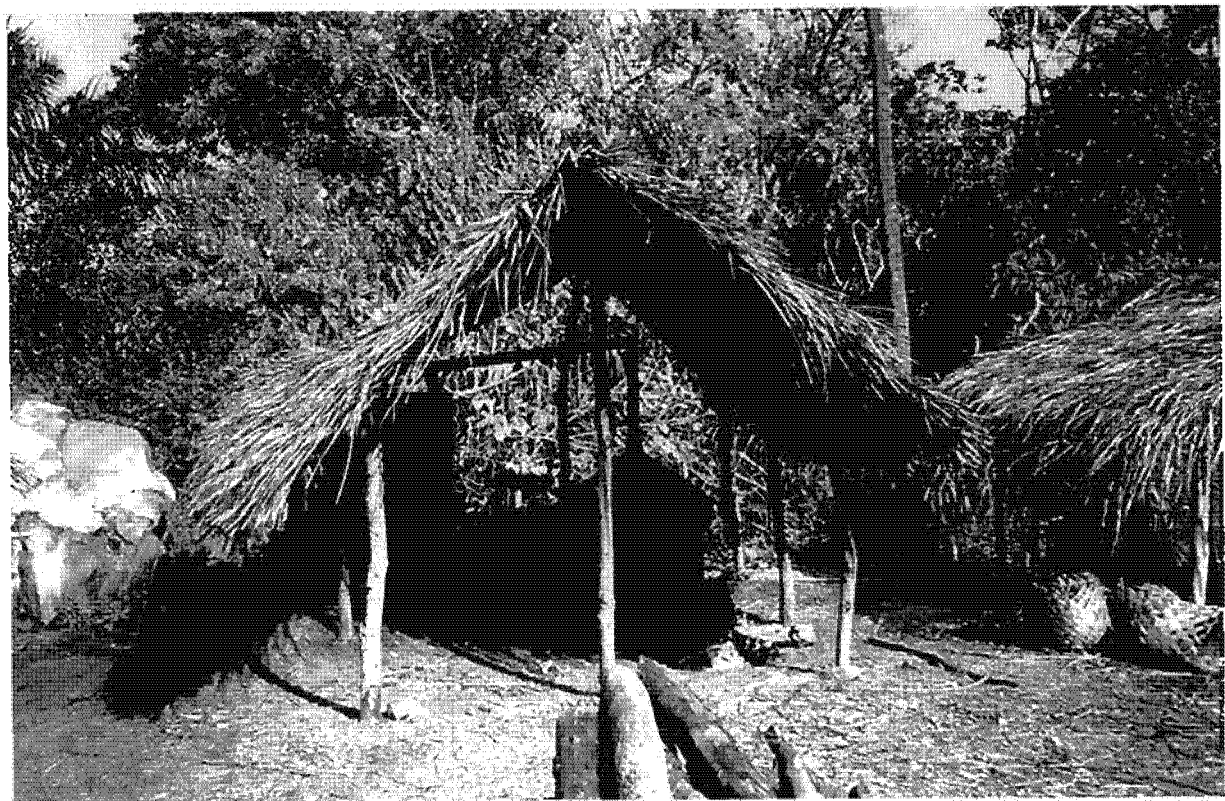
Maraîchage en saison fraîche, avec le Piton du Choungui au fond



Plantation de cocotiers en forte densité, exportation



Plantation de Vanille dans le nord de Mayotte (forte densité)



Distillerie d'Ylang-Ylang près de Msamboro



Mbanga, maison traditionnelle des adolescents

BIBLIOGRAPHIE

- ABDOU A. et al, 2002 : Les mollusques terrestres du site du Conservatoire du Littoral à Saziley (Mayotte) . Rapport de mission 2001 – 2002 , 11p.
- A.D.V.A, 1999 : Programme expérimental de développement durable des productions vivrières en zone de forte érosion. DAF – ODEADOM - C.T.M. Séminaire CIRAD RADOI Mayotte 25 - 29 octobre 1999. 17p.
- A.P.R(coord) Malette pédagogique « Barre la terre ». Formation multimédia à la lutte contre l'érosion BP 1059-97481 Saint Denis CEDEX.
- AUTFRAY P. 2001 : Amélioration des systèmes de culture et maîtrise de l'érosion. In : AUTFRAY P., VALLEE G.,2001 : Comité technique Mamoudzou le 29 novembre 2001, Axe 2. Gestion durable de l'agriculture de l'environnement et de la forêt. DAF – CTM – CIRAD, 41p.
- AUTFRAY P. 2002 : Amélioration des systèmes de culture et maîtrise de l'érosion. In AUTFRAY P., HUAT J., VALLEE G., 2002 : Comité tripartite. Mamoudzou le 21 novembre 2002. Axe 2 : Gestion durable de l'agriculture de l'environnement et de la forêt. DAF – CTM – CIRAD, 48p.
- ARRIVETS J., 1998 : Culture du manioc et problèmes de fertilité des sols à Mayotte. Montpellier, CIRAD/CTM/DAF, 49p.
- BARTHES C., BINA M., 1999 : L'agropastoralisme : centre et périphérie de la vie rurale mahoraise. Synthèse des travaux du CIRAD à Mayotte.Séminaire CIRAD – RADOI. Mamoudzou 25 – 29 octobre 1999, 14p.
- BORDAT D., 1993 : Evaluation des problèmes entomologiques des cultures légumières de Mayotte. Rapport de mission du 7 au 11/ 12/ 1992, Montpellier CIRAD CA, 15p.
- CAMUS E., 1998 : Mission d'appui en santé animale auprès de la Direction des Services Vétérinaires. DAF/CTM/CIRAD. 15p.
- CHARPENTIER H. et al, 2001 : Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar. Rapport de campagne 2000/2001 et synthèse de 3 années du projet O.N.G TAFSA. Convention ANAE- CIRAD – TAFSA. Financement A.F.D, 123p.
- GIRARD J.C,1997 : Les maladies parasitaires des cultures maraîchères en saison sèche à l'île de Mayotte. Saint Denis. CIRAD/CTM, 16p.
- GOEBEL R., 1997 : Contribution à l'inventaire des ravageurs des cultures vivrières en saison des pluies et examen des possibilités de mise en place d'un programme de lutte biologique à Mayotte. Mission 7 –12 avril 1997. CIRAD, 15p.
- GOUD B., DEMARNE F., 1996 : Rapport de mission à Mayotte sur la filière Ylang – Ylang . Montpellier. CIRAD. 21p.
- GUILLOBEZ S., 2002 : Risques naturels et érosion. Contribution au rapport CIRAD Mayotte, 12p.
- JENNY C, 1998 : Expertise taxonomique des bananiers de Mayotte. Rapport de mission 21 – 26 septembre 1998 CIRAD. 26p.
- JOHNS G.G.,1994 : Effect of Arachis pintoï groundcover on performance of bananas in northern New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture , 34 , p 1197 - 1204 .
- LATRILLE E., 1981 : Mayotte. Exploitation agronomique de la carte de l'inventaire des terres cultivables IRAT, 127p.
- LATRILLE E.,1997 : Etude pédologique en appui à l'inventaire des formations ligneuses effectué par la DAF/SEF.Montpellier CIRAD, 44p.

- LEPLAIDEUR A., 1996 : Les échanges vivriers ville – campagne à Mayotte. Montpellier CIRAD, 21p.
- LOSCH B., SOURISSEAU J.M (coord),2002 : Quels place et rôles pour l'agriculture à Mayotte ? Bilan diagnostic du développement local. Mamoudzou. Montpellier France CIRAD, 234p.
- MICHELLON R., 1991 : Proposition d'appui du CIRAD au développement agricole de Mayotte. Mission du 9 au 14/ 09/ 1991. CIRAD. Réunion 15p.
- MICHELLON R., 1996 : Amélioration de la fertilité des andosols de la Réunion et de la productivité des cultures de géranium rosat avec couverture permanente. CIRAD-CA, 50p.
- MICHELLON R., BRIDIER B., 1998 : Evolution d'un programme de recherche sur les systèmes d'exploitation des Hauts de l'Ouest de la Réunion. L'Agronomie Tropicale 43 (4), p 317-325.
- MICHELLO N R., TECHER P., 1996 : Gestion agrobiologique des sols : guide pour la mise en place d'itinéraires techniques dans les Hauts sous le vent de la Réunion . CIRAD - CA N° 50-96, 101p.
- MOURICHON X, 1996 : Rapport de mission à Mayotte Montpellier.CIRAD, 14p
- NINOT G., 2001 : Typologie des élevages bovins de Mayotte. Archipel des Comores. DESS Montpellier. CIRAD EMVT, 59p.
- PERRET S., MICHELLON R., TASSIN J., 1998 : Agroécological Practices as Tools for Sustainable Management of Catchments Susceptible to Erosion : Réunion Island.p.77- 88. In HARPER D., BROWM T., (Ed), 1999 : The Sustainable Management of Tropical Catchments. J. WILEY and Sons. Chichester U.K, 381p.
- PEYRACHE X., 1999 : Synthèse des travaux du CIRAD à Mayotte de 1995 à 1999. CIRAD – TERA n° 84/ 99, 40p.
- QUILICI S., 1996 : Rapport de mission entomologie Mayotte. Saint Pierre. CIRAD, 14p.
- RAUNET M.,1992 : Ile de Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien). Les facteurs de l'érosion des terres et de l'envasement du lagon. Montpellier. CIRAD-CA, 68p.
- SARRAILH J.M, 2002 : Rapport de mission à Mayotte du 7 au 13 novembre 2002 Mission d'appui à la DAF/SEF pour le projet lutte contre l'érosion hors système de culture, rôle de la mangrove. CIRAD- Forêt, Programme « Arbres et Plantations »
- SARRAILH J.M, 2002 : Rapport de mission à Mayotte du 10 au 17 juillet 2002. Mission d'appui à la DAF/SEF pour le projet lutte contre l'érosion hors système de culture, rôle de la mangrove. CIRAD- Forêt, Programme « Arbres et Plantations ».
- SEGUY L., 1982 : Mise au point de modèles de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisables par les petits producteurs de la région de Goñas au Maranhao. Nord Est du Brésil. Etat du Maranhao. L'Agronomie tropicale, vol.37, (3), p. 233 - 261.
- SEGUY L., 2002 : Rapport de mission à Madagascar du 7 au 22 octobre 2002 CIRAD 40p.
- SEGUY L., BOUZINAC S.,2001 : Dossier système de culture sur couverture végétale. C.D rom 1 : Dossier du semis direct CIRAD- CA. Programme G.E.G.
- VALLEE G., PARAIN G.,CHADOULI O., 1999 : Systèmes de culture et pratiques paysannes à Mayotte. Communication pour le séminaire CIRAD RADOI, Mamoudzou 26-29 octobre 1999. CIRAD Mayotte. CTM, 20p.
- VEILLET S., 1993 :Etude de l'évolution de l'état hydrique d'un andosol selon différents systèmes de culture. DAA de l'ENSAM – CIRADRéunion . 75p
- WEIBEL T., 1997 : Espèces fruitières comestibles de Mayotte CIRAD - CTM, 47p.

ANNEXE I : TECHNIQUES D'INOCULATION ET D'ENROBAGE DES SEMENCES DE LEGUMINEUSES

Les conditions d'installation des légumineuses, et en particulier de l'établissement de la symbiose *Rhizobium*-plantule, ont une importance primordiale sur leur mise en place, l'efficacité de leur fixation d'azote atmosphérique et leur production ultérieure.

Quelques recommandations pratiques devraient permettre de réaliser aisément cette opération et à moindre coût.

A.1.1. Inoculation

En général, une espèce de *Rhizobium* donnée est spécifique d'une légumineuse donnée. Un simple test de semis au champ permet de s'assurer de la présence du *Rhizobium* dans le sol.

L'aspect visuel de la légumineuse (bonne vigueur ou faible croissance), la couleur de ses feuilles (vertes ou jaunâtres) et la présence des nodosités sur ses racines donnent des indications très utiles, ainsi que l'observation d'une coupe de ces nodules :

- couleur blanche : inefficace
- rouge : présence de légmoglobine et donc présomption d'efficacité
- verte : couleur pouvant être due au prélèvement trop tardif (dégénérescence de cette nodosité).

L'introduction d'une nouvelle légumineuse dans une zone est parfois conditionnée par celle de son *Rhizobium* spécifique.

L'infestation du terrain peut être réalisée par épandage de quelques kg d'un sol de la même zone où l'association légumineuse *Rhizobium* est efficace. Mais cette technique doit être réalisée avec précaution car elle risque aussi de conduire à l'infestation du sol par des maladies, le rendant ainsi impropre à certaines cultures (bactéries telles que le *Pseudomonas solanacearum*, mais aussi champignons, nématodes ...). Il est préférable d'utiliser des souches pures, sélectionnées pour leur efficacité, isolées localement ou dans un premier temps commercialisées dans le monde par les laboratoires spécialisées (en prenant toutes les précautions phytosanitaires nécessaires).

Le simple mélange d'inoculum et des semences sèches, ou même humidifiées ne permet pas une bonne adhérence sur les graines.

Pour réaliser l'inoculation ou l'enrobage des semences, il est souhaitable d'utiliser un adhésif, non seulement pour coller le *Rhizobium*, mais parfois aussi pour l'alimenter jusqu'à ce qu'il infecte la plantule. Pour une simple inoculation, de nombreux adhésifs sont efficaces : eau sucrée (10 à 25 %), amidon (de blé, maïs, riz en même quantité que l'inoculum), miel (10 %), huile de table (10 ml par kg de semences), ..., ainsi que la gomme arabique et la méthylcellulose qui sont recommandées pour l'enrobage des semences (voir tableau 1).

Adhésif	Gomme arabique	Méthylcellulose
Simple inoculation	15 %	2 %
Enrobage	40 %	3 à 4 %

Tableau 1 : Concentrations pour la préparation des adhésifs utilisables pour l'inoculation ou l'enrobage des semences (% en poids par volume d'eau).

Pour préparer l'adhésif :

- dissoudre de la gomme arabique finement moulue dans de l'eau chaude, à raison de 400 g de gomme arabique par litre d'eau (à réduire pour une simple inoculation).

- agiter à chaud jusqu'à complète dissolution et ne préparer que la quantité nécessaire (moisissures possibles),
- laisser refroidir.

Pour l'inoculation choisir un récipient adapté (bassine, tonneau mélangeur ...) et propre :

- mélanger les quantités d'inoculum et d'adhésif nécessaires en fonction du poids de graines et de leur taille,
- ajouter immédiatement les semences et mélanger jusqu'à ce qu'elles paraissent toute inoculées (sans arracher leurs téguments).

Quelques précautions doivent être prises :

- la préparation du mélange semences-inoculum adhésif doit se faire juste avant le semis dans un endroit frais et à l'abri du soleil. Ne préparer que des quantités susceptibles d'être semées dans la journée afin d'éviter la mort des *Rhizobium*,
- s'assurer que les semences n'ont pas été traitées avec des substances toxiques et si des traitements phytosanitaires sont nécessaires, les adapter (utiliser du Thirame comme fongicide...),
- ne pas mélanger les semences inoculées avec des engrais acides (superphosphate ...),
- semer en conditions humides : l'inoculation des semences peut conduire pour certaines espèces (soja, haricot ...) à une importante fonte des semis en cas de forte sécheresse et dans ce cas, il vaudrait mieux inoculer le sol que la graine.

A.1.2. Enrobage des semences

Les exigences édaphiques de la légumineuse, ou celles nécessaires à la survie de son *Rhizobium* spécifique dans le sol, ainsi que celles requises momentanément lors de l'établissement de la symbiose ne sont pas toujours identiques.

L'enrobage peut alors permettre de modifier l'environnement immédiat de la semence en cours de germination de manière à permettre l'établissement de la symbiose, sans recourir à un amendement onéreux de l'ensemble du terrain (chaulage ...). La neutralisation ponctuelle des conditions de milieu favorise l'infection des racines par les bactéries fixatrices (*Rhizobium*) et permet ainsi l'établissement de la symbiose *Rhizobium*-légumineuse.

Selon les exigences des espèces, les produits les plus couramment utilisés sont le calcaire ou le phosphate naturel. Ils doivent être finement broyés (minimum de 90 % passant au travers d'un tamis de 15 Microns) et peuvent être remplacés par d'autres matériaux selon les disponibilités (dolomie ...) ;

Pour réaliser l'enrobage, mélanger l'inoculant et l'adhésif, puis les semences comme cela a été précédemment décrit. Puis ajouter la quantité de produit recommandée pour l'enrobage en une seule fois et mélanger rapidement jusqu'à ce que les graines se séparent et paraissent toutes enrobées (2 mn environ). La poursuite du mélange conduit à durcir les granulés qui peuvent ensuite se briser. Les quantités de produit peuvent être ajustées (finesse du broyage, importance du lot de semences...) et, en particulier elles doivent être augmentées lorsqu'une partie des semences reste collée.

Espèces	Groupe du <i>Rhizobium</i>	Nombre de graines par kg en milliers	Matériau d'enrobage	Classe (en milliers de graines par kg)	Adhésif en ml par kg	Matériau d'enrobage en g par kg			
<i>Lipinus albus</i> <i>Dolichos lablab</i> <i>Arachis pintoï</i>	Lupin Dolique <i>Arachis pintoï</i>	2 à 5 4 à 5 6 à _	Phosphate Phosphate Phosphate	3 à 10	11	170			
<i>Vigna unguiculata</i>	« Cowpea, mung bean »	7 à 15	Phosphate				10 à 20	12	180
<i>Leucaena leucocephala</i> <i>Centrosema pubescens</i>	<i>Leucaena</i> <i>Centrosema</i>	20 à 24 40	Chaux Phosphate				20 à 50	13	190
<i>Calopogonium mucunoides</i> <i>Macropitium atropurpureum</i>	« Calopogonium, Siratro pueraria, ... » « Calopogonium, Siratro pueraria, ... »	73 75	Phosphate Phosphate	50 à 100	14	215			
<i>Vigna parkeri</i> <i>Pueraria phaseoloides</i>	« Cowpea, mung bean » « Calopogonium, Siratro pueraria, ... »	75 81	Phosphate Phosphate						
<i>Macropitium lathyroides</i>	« Calopogonium, Siratro pueraria, ... »	120	Phosphate				100 à 200	17	250
<i>Neonotonia wightii</i> <i>Trifolium subterraneum</i>	Glycine Trèfle souterrain	130 à 170 150	Phosphate Chaux	200 à 500	21	320			
<i>Desmodium uncinatum</i> <i>Cassia rotundifolia</i> <i>Sylosanthes scabra</i>	<i>Desmodium</i> - <i>S. scabra</i>	200 à 220 200 à 470 400 à 800	Phosphate - Phosphate						
<i>Desmodium intortum</i> <i>Trifolium semipilosum</i>	<i>Desmodium</i> Trèfle du Kenya	600 700 à 1000	Phosphate Chaux				500 à 1000	27	410
<i>Lotus uliginosus</i> <i>Trifolium repens</i>	Lotier velu Trèfle blanc	1250 1500 à 1700	Phosphate Chaux	1000 à 2000	33	500			
<i>Lotononis bainesii</i>	<i>Lotononis</i>	3300	Phosphate	2000 à 4000	40	600			

Tableau 2 : Technique d'inoculation et d'enrobage de différentes espèces de légumineuses

- Groupe de *Rhizobium*, spécifique ou non, commercialisé en Australie.
- Nombre de graines de chaque espèce par kg.
- Produit conseillé pour l'enrobage par SHAW et BRYAN (1976).
- Quantité d'adhésif et de produit d'enrobage selon la taille des semences, conseillées par WILLIAMS, Directeur de PRIMAC SEEDS.

Adresses pour la fourniture d'inoculum : Outre le laboratoire de Biologie des sols du CIRAD-CA pouvant satisfaire des besoins limités, et les producteurs de semences australiens, des inoculums peuvent être commandés à :

- BIO-CARE TECHNOLOGY PTY-L.T.D., RMB 1084 Pacific Highway, SOMERSBY, N.S.W. 2250 – AUSTRALIE.
- BIOPROX-PROTEX, 6 rue Barbes, B.P. 177, 92305 LEVALLOIS PERRET, télex : 630957 F, Tél : 47-57-74-00 (Soja)
- QUEENSLAND INOCULANTS, P.O. Box 1052, Toowoomba, QLD 4350, Australie.
- ROOT NODULE PTY.LIMITED, 84 Rawson Road, Woy Woy 225, Australie.

Adresses pour la fourniture de semences :

- HERITAGE SEEDS PTY LTD, P.O. Box 943, Murwillumbah 2484 NSW, Australie, Télax AA 166142 PRIMAC.
- SAUERS, P.O. Box 117, Rockhampton, QLD 4700 Australie, Télax : 146945 YATES., Télécopies : 19 61 79 22 22 19.

Les semences sont prêtes pour être semées immédiatement, soit directement à la volée sur terrain humide herbicide, soit à une faible profondeur en conditions plus sèches.

Il est recommandé d'effectuer des tests préliminaires au champ pour ajuster les techniques et les doses en fonction des conditions locales (chaulage dans la raie de semis par semoir à double goulotte ...);

Certains oligo-éléments sont parfois incorporés dans l'enrobage (molybdate d'ammonium à raison d'un quart du matériau d'enrobage), sauf s'ils sont phytotoxiques au moment de la levée, comme la bore. Les déficiences sont alors évitées par un épandage préventif de 20 kg par ha de borate agricole (boracine, borate de sodium). Cet apport est indispensable à la Réunion pour le trèfle qui est une plante indicatrice de cette carence (rougissement des feuilles).

A.5.3. Bibliographie

- BEUNARD P., 19984 : Contribution à l'étude de la fixation d'azote chez les légumineuses. Mémoire IRAT, 111 p
- BRADFORD G.R., 1966 : Boron p. 33 – 61. In :CHAPMAN H. Diagnostic criteria for plants and soils. University of Californina, 793 p.
- BURTON J.C., 1979 : New developments in inoculating legumes. In : SBBA RAO N.S. – Recent advances in biological nitrogen fixation. OXFORD and IBH publishing Co. New Delhi, Bombay, Calcutta, pp 380 – 405
- MEISNER C.A., GROSS D., 1980 : Some guidelines for the evaluation of the need for and response to inoculation of tropical legumes. North Carolina Agric. Research Service. Techn. Bul. N°265, 59 p.
- NORRIS D.O., DATER R.A., 1976 : Legume bacteriology. In : SHAW N.H., BRYAN W.W. – tropical pasture research. Principles and method. CAB n°51 ALDEN PRESS Ed., OXFORD, 454 p. (pp. 134-174).
- RENNIER R.J., 1991 : Inoculums pour légumineuses au Canada – Evolution d'une industrie, P. 55 – 63. In : F.A.O. Consultation d'experts sur la production et le contrôle de qualité des inoculums pour légumineuses, 140 p.
- SAINT-MACARY H., 1981 : Compte-rendu de mission à la Réunion et à Madagascar. IRAT, 23 p.

ANNEXE II

**Programme de la mission réalisée
avec l'équipe agronomie
P. Autfray et O. Chamssidine**

Date	Programme	Personnes rencontrées
Mercredi 19/02/03	Arrivée 17h	G. Vallée
Jeudi 20/02/03	Tournée nord : Ntsabara Bouyouni	CNASEA : C. Leclerc, Abachia, GIP Nord : Alibacar, Saidina Madi, Adidja Kamardine, Madi Mariama, Moinecha.
Vendredi 21/02/03	Tournée sud : Dembéni, Mbouini, Bouéni	Assani, Attoumani Madi
Samedi 22/02/03	Mamoudzou	Confection des piquets d'érosion
Lundi 24/02/03	Tournée Centre/Nord Tsingoni, Bandrandzia	ADVA : F.Lannelongue, Saïdina, L. Espaza, Mohamed Ali Bali
Mardi 25/02/03	Petite – Terre : Moya	CEL : F. Marcinkowski SDA : Ali Robert SEF : Ali Andy Stagiaire Ensa : A. Soquet Marcel Rakotozafy
Mercredi 26/02/03	Dembéni Coconi Mamoudzou Départ à 16h	Réunion au SDA : R. Manguin, Mounirou Ahmed, Ali Robert et Assouad Réunion au CIRAD : G. Vallée, P. Autfray, O. Chamssidine, J.M Sourisseau et Mouridi Bina G. Vallée