Rapport annuel 2001

LE CIRAD

CIRAD

RÉUNION

juin 2002

Le **Cirad**, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agro-alimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 800 personnes, dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays. Son budget s'élève à 1 milliard de francs (152 millions d'euros), dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le Cirad comprend sept départements de recherche : cultures annuelles (Cirad-ca) ; cultures pérennes (Cirad-cp) ; productions fruitières et horticoles (Cirad-flhor) ; élevage et médecine vétérinaire (Cirad-emvt) ; forêts (cirad-forêt) ; territoires, environnement et acteurs (Cirad-Tera) ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Cirad-amis). Le Cirad travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

Directeur de la publication

Michel Trébel

Comité de lecture

Antoine Colligan, Jean Philippe Choisis,

Jean-François Martiné, Marc Piraux,

Bernard Reynaud, Isabelle Cassagneau

Photos de couverture: fruits et fleur de Pitahaya

Rapport annuel 2001 Cirad Réunion

5 **Avant-propos**

6 **Glossaire**

7 **Canne à sucre**
8 Distribution spatiale du conseil en fertilisation
9 Amélioration de l'efficience de l'eau
12 Modélisation de la croissance
14 Amélioration des structures de production

19 **Fruits, légumes et plantes aromatiques**
20 Fonctionnement de la plante
23 Evaluation et valorisation du matériel végétal
24 Systèmes de production intégrés

29 **Agriculture durable**
30 Diversification et systèmes de culture sur couvertures végétales
33 Exploitations, territoires et politiques agricoles
36 Gestion des déchets organiques
39 Biodiversité forestière et génie écologique

41 **Elevage**
42 Durabilité des systèmes d'élevage
48 Modélisation du fonctionnement technico-économique des exploitations
51 Diversification des filières animales : caprins et cervidés

55 **Protection des plantes**
56 Epidémiologie des maladies bactériennes et virales
62 Dynamique des populations et comportement des ravageurs
66 Résistance des plantes aux bio-agresseurs
70 Connaissance de la bio-diversité

75 **Agroalimentaire**
76 Transformation des produits carnés
78 Caractérisation et traitements post-récoltes

Annexes
81 La démarche qualité et valorisation régionale
82 La délégation et implantations du Cirad à la Réunion
83 La répartition des financements et les effectifs
84 Les équipes du Cirad

Le CIRAD a continué en 2001 à apporter son appui aux filières agricoles de la Réunion tout en faisant progresser les connaissances liées à ses domaines d'action.

Le cadre rénové de ses interventions, au travers de pôles de compétences structurés, lui permet de mieux cerner l'attente du secteur professionnel et d'organiser avec davantage de pertinence ses partenariats techniques et scientifiques.

Conformément aux engagements pris avec les Collectivités Locales lors de la signature de l'accord cadre tripartite, la direction générale du Cirad a continué en 2001 le renforcement, déjà largement engagé en 2000, du dispositif de recherche réunionnais par l'affectation de neuf nouveaux cadres. Cet accroissement spectaculaire, en deux années, de près de 50 % de l'effectif chercheurs permet de conforter les actions déjà engagées mais également d'initier de nouvelles thématiques de recherche.

Un effort important en matière d'infrastructures scientifiques a également été réalisé, avec le concours financier de l'Etat, de la Région, du Département et de l'Europe. La livraison en décembre dernier des laboratoires du pôle de protection des plantes (3P) dote les équipes concernées d'un outil intégré exceptionnel, de niveau international. Des équipements lourds ont également été fournis aux pôles agroalimentaire et canne à sucre afin de soutenir et d'amplifier leurs activités. Un programme de réhabilitation a été lancé sur les stations de la Bretagne et de Bassin Plat pour une remise à niveau des installations et des réseaux en termes de sécurité et d'efficience.

La concrétisation de ces renforcements humains et matériels donne aujourd'hui à notre dispositif une masse critique suffisante et une crédibilité reconnue qui lui permettent de rayonner bien au-delà du niveau local et qui peuvent s'appuyer en outre sur les partenariats très forts développés avec l'Université de la Réunion et l'Inra. Cette nouvelle dimension légitime l'ambition portée par l'ensemble de nos partenaires de voir la recherche réunionnaise prendre toute sa part dans les réflexions engagées sur les grandes questions comme le changement climatique ou la protection du patrimoine naturel. Divers projets internationaux sont en cours d'élaboration sur ces thématiques et pour lesquels la contribution de la recherche réunionnaise est fortement sollicitée. De fait la Réunion , par sa situation géographique, la diversité de ses écosystèmes, le niveau élevé de ses scientifiques et la qualité des infrastructures mises à leur disposition, peut apporter des réponses originales et pertinentes à ces questions. L'Union européenne, consciente de l'intérêt et de la spécificité de la recherche menée dans ses régions ultramarines, réfléchit actuellement aux voies et aux moyens appropriés pour mieux intégrer ces dispositifs scientifiques à l'espace européen de la recherche.
Une conférence sur ce sujet devrait être organisée en 2002 aux Canaries. La Réunion, et en particulier sa recherche agricole, possède d'indéniables atouts à y faire valoir.

Michel Trébel
Délégué du Cirad à la Réunion

/Annexe /

Glossaire

Acp	Analyse en composantes principales
Adir	Association pour le développement de l'industrie réunionnaise
Aflp	Amplified fragment length polymorphism
Apr	Association pour la promotion en milieu rural
Armeflhor	Association réunionnaise pour la modernisation de l'économie fruitière, légumière et horticole
Cah	Commissariat à l'aménagement des hauts
Cci	Chambre de commerce et d'industrie
Cemagref	Centre d'études du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts
Cerf	Centre d'essai de recherche et de formation
Cfppa	Centre de formation professionnelle et de promotion agricole
Cilam	Compagnie industrielle laitière des Mascareignes
Cnre	Centre national de recherches sur l'environnement
Cpcr	Coopérative des producteurs de caprins réunionnais
Critt	Centre régional d'innovation et de transfert de technologie
Cte	Contrat territorial d'exploitation
Daf	Direction de l'agriculture et de la forêt
Dgccrf	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
Ede	Etablissement départemental de l'élevage
Ensam	Ecole nationale supérieure des arts et métiers
Ensia	Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires
Epg	Electro-pénétrographie
Eplea	Etablissement publique local d'enseignement agricole
Etm	Evapo-transpiration maximale
Fdgdec	Fédération départementale des groupements de défenses contre les ennemis des cultures
Fed	Fond européen de développement
Ficu	Fonds international de la coopération universitaire
Fofifa	Centre national de recherche appliquée au développement rural (connu sous le sigle Fofifa)
Frca	Fédération réunionnaise des coopératives agricoles
Gams	Général algebraic modeling system
Lpgr	Laboratoire phytopathologie et génétique de la résistance
Odeadom	Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre mer
Ogaf	Opération groupée d'aménagement foncier
Pcr	Polymerase chain reaction
Plu	Plan local d'urbanisme
Prmf	Programme régional sur les mouches des fruits
Prpv	Programme régional de protection des végétaux
Safer	Société d'aménagement foncier et d'établissement rural
Saphir	Société d'aménagement des périmètres hydro-agricoles irrigués de l'île de la Réunion
Sica	Société d'intérêt collectif agricole
Sig	Système d'information géographique
Spv	Service de protection des végétaux
Uaf	Agence universitaire pour la francophonie
Uafp	Union des associations foncières pastorales
Ue	Union européenne
Upov	Union internationale pour la protection des obtentions végétales

Canne à sucre

2001 a été marquée, dans notre organisme, par le renforcement de ses moyens de recherches en faveur de la filière canne à sucre :

- Un spécialiste de l'irrigation est arrivé en avril afin d'appuyer les agriculteurs et les gestionnaires de réseau dans le pilotage et la pratique de l'irrigation. Ce poste est basé, avec l'équipe "irrigation" du pôle Cas, sur la station de Ligne paradis à Saint-Pierre.

- Le département Cultures Annuelles du Cirad a choisi La Réunion comme base de son dispositif d'études sur "la gestion des déchets et risques environnementaux liés". C'est dans ce cadre que seront évalués les aspects multifonctionnels de la canne, en particulier en matière environnementale.

- Le chercheur qui anime cette équipe a été intégré au niveau du Padef à la Bretagne en mai.

- Une géographe, chargée de la mise en place d'un système d'information pour la prospection agricole et l'évaluation des politiques publiques, a été affectée au Padef à la Bretagne en juin.

- L'arrivée d'une ingénieur agronome en septembre au pôle Cas permettra de pérenniser les recherches visant à augmenter la production par une meilleure gestion des moyens bio-techniques.

Ainsi, l'ensemble des opérations menées par le Cirad sur la canne à sucre à la Réunion, dans les différents pôles concernés (Pôle Canne à sucre, Pôle de protection des plantes, Pôle agriculture durable environnement et forêt), permet :

- à la filière de bénéficier d'un appui pour répondre aux objectifs généraux définis par le comité de pilotage de la canne. Le comité technique d'octobre 2001, présidé par H. Bichat, a rappelé l'importance de l'implication du Cirad sur des sujets essentiels pour l'avenir de cette filière à la Réunion, et a souligné que le dispositif présenté les prenait en compte.

- au Cirad de pouvoir mener des recherches de qualité, dont les résultats sont valorisables au-delà de l'île, dans l'Océan Indien et plus largement au niveau international. La valorisation de ce savoir faire réunionnais en matière de production sucrière est d'ailleurs l'une des priorités de l'accord cadre signé entre le Cerf et le Cirad en 2001.

B.Siegmund

Distribution spatiale du conseil en fertilisation

Le conseil en fertilisation de la canne à sucre est élaboré à la Réunion, à partir de l'analyse chimique des sols. Son application permet une économie substantielle d'engrais et un gain significatif de 8 et de 11 % de rendement en seconde et troisième coupe après application. Cependant, il est difficile à mettre en oeuvre. Le prélèvement de sol doit être effectué après récolte de la canne à sucre et le conseil doit être appliqué à la préparation du sol pour la replantation dès qu'une fumure de correction s'impose. Le délai entre les deux est généralement trop court pour analyser le sol, élaborer le conseil et acquérir les engrais conseillés.

Nous avons cherché en conséquence s'il était possible d'élaborer un conseil régionalisé à partir des connaissances acquises au cours de plus de 10 années d'analyses chimiques géoréférencées des sols. L'étude porte sur la distribution des conseils dans les carrés de 500 m de côté, qui constituent la maille minimale de repérage géographique des prélèvements de sol. Les carrés retenus, caractérisés par un minimum de 5 analyses, sont au nombre de 1669 parmi les 3437 actuels de la base. Les conseils ont été décomposés en fumure de correction à la plantation (chaulage, phosphatage) et fumure d'entretien annuelle (Npk).

Tableau 1 : Distribution du conseil en fumure de correction par carré de 25 hectares

Distribution	Phosphatage	Chaulage	Nb. de carrés	%
Homogène	Non	Non	554	33.2
Homogène	Non	Oui	346	20.7
Homogène	Oui	Non	41	2.5
Homogène	Oui	Oui	39	2.3
Total			**980**	**58.7**
Hétérogène	Oui/non	Oui/non	689	41.3

Tableau 2: Distribution des conseils en fumure d'entretien exprimés en unités fertilisantes

Distribution	N	P_2O_5	K_2O	Nb. de carrés	%
Homogène	120	70	200	127	7.6
Homogène	80	70	200	62	3.7
Homogène	160	70	200	45	2.7
Homogène	120	200	200	24	1.4
Homogène	120	70	400	16	1.0
Homogène	160	200	200	13	0.8
Homogène	120	200	400	5	0.3
Homogène	160	70	400	3	0.2
Homogène	120	0	0	1	0.1
Homogène	120	70	0	1	0.1
Homogène	160	200	400	1	0.1
Total				**298**	**17.9**
Hétérogène	80-120-160	0-70-200	0-200-400	1371	82.1

La fumure de correction

Un peu plus de 40% des carrés sont statistiquement hétérogènes pour une au moins des deux corrections (tableau 1). Les carrés homogènes sont dominés par l'absence de conseil en correction phosphocalcique (33%). Les conseils en chaulage sans phosphatage de fond correspondent à un carré sur cinq. Les deux autres combinaisons sont très peu représentées. Statistiquement, le conseil en correction phosphatée est beaucoup plus homogène que le conseil en chaulage. Lorsqu'il est possible de prévoir avec une bonne certitude statistique la nécessité ou non de chauler ou de phosphater le sol, l'analyse de la répartition des doses conseillées, au moins pour le phosphore, accroît la variabilité et ne permet plus de conseil prédictif sur une base de proximité géographique.

La fumure d'entretien

Les trois éléments majeurs (N, P, K), base du conseil d'entretien, ont été étudiés séparément. L'élément le plus stable est l'azote avec 64.9% de carrés homogènes. Viennent ensuite le phosphore (61.3%) puis la potasse (54.7%).

Dans les trois cas, la modalité fertilité moyenne est largement dominante. L'étude de la distribution des conseils portant sur les trois niveaux des trois éléments majeurs montre que seules onze des vingt sept combinaisons possibles sont représentées dans la part homogène de notre échantillon (tableau 2). Plus de huit carrés sur dix sont statistiquement hétérogènes pour au moins l'un des trois éléments du conseil, azote, phosphore ou potassium.

Discussion

Les différentes distributions étudiées permettent de conclure à l'impossibilité quasi générale d'extrapoler le conseil du carré (25 ha) à l'une des parcelles qui le constitue. Ceci est vrai pour un conseil simple portant sur un type de correction ou un élément majeur d'entretien annuel. Ce résultat s'applique à fortiori pour le conseil global qui fait intervenir la combinaison des deux conseils en fumure de correction avec des doses variables et vingt sept combinaisons de fertilisation d'entretien. Ces résultats rappellent que la fertilité, si elle est structurelle (origine des sols) est aussi anthropique et va dépendre de la façon dont la parcelle a été cultivée dans le passé. Un conseil approprié nécessite donc un prélèvement de sol avant replantation. Nous proposons, pour assurer l'application d'une éventuelle fumure de redressement, que le prélèvement de sol soit réalisé l'année précédent la replantation, soit après l'avant dernière récolte de la parcelle.

D. Pouzet

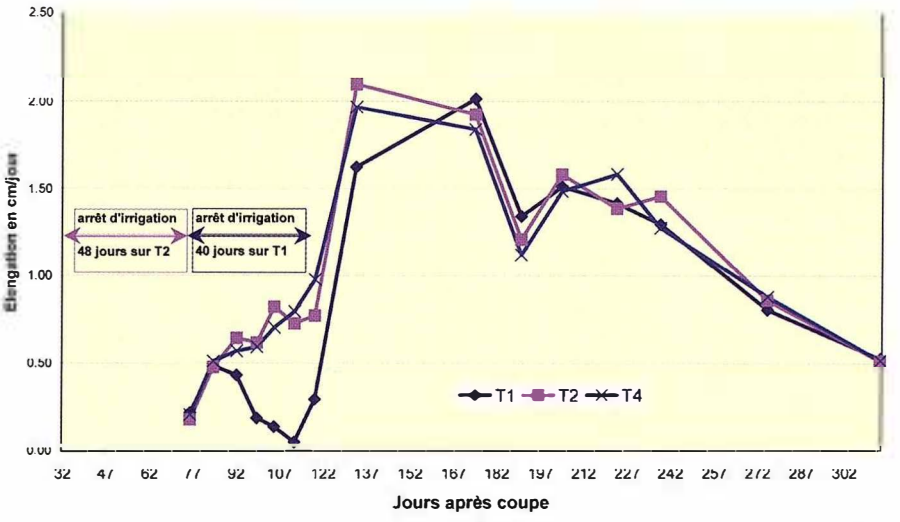


Figure 1 :
Effets du rationnement en eau en début de cycle de la canne à sucre (Ligne Paradis).
Vitesse d'élongation des tiges en cm/jour entre 80 et 300 jours après le début de la repousse le 02/08/2001.

Amélioration de l'efficience de l'eau en culture de canne à sucre

A la Réunion, les surfaces irriguées représentent une part non négligeable de la sole cannière. Cette part va augmenter dans les prochaines années, et le partage de la ressource en eau entre les besoins en eau agricole et ceux à usage domestique et industriel sera de plus en plus difficile. L'objectif de l'opération est de participer à l'optimisation (durabilité et rentabilité) de la gestion de la ressource en eau (pluviale et d'irrigation), grâce à une bonne connaissance de l'agro-climat, des caractéristiques hydriques et hydro-dynamiques des sols et des techniques adaptées de gestion de l'eau pluviale et d' irrigation.

Optimisation de la gestion de l'eau d'irrigation. Effets du rationnement.

On cherche, ici, à cerner les incidences d'un rationnement hydrique subi (coupures d'eau) ou choisi (économies d'eau) sur la croissance et la production de la canne pendant le premier tiers du cycle. En août 2000, dans une parcelle de canne de deux ans (Var. R579) une expérimentation a été mise en place. Un des traitements est maintenu à l'Etm. Les trois autres traitements ont subi un arrêt ou une forte réduction des apports d'irrigation à des périodes variables (tab.3).

Le suivi de la croissance de la canne (fig.1et tab.3) montre une absence d'effet du rationnement hydrique sur le traitement T2 rationné le plus précocement. Les traitements T1 et T3, accusent, eux, une réduction de croissance pendant la phase de rationnement, avec des signes marqués de stress hydrique et, à la fin du rationnement, 115 jours après le début de la repousse (Jadr), des différences statistiquement significatives de hauteur par rapport au témoin à l'Etm. Ces différences vont ensuite s'estomper (fig.1) pour disparaître (fig.1, tab.3) à la fin de la période de croissance (315 Jadr). A la récolte (août 2001), il n'y a pas de différences statistiques entre les traite-

Tableau 3 :
Les résultats surmontés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 0.05 (test Keuls-Newman)

Traitements	Témoin maintenu à l'Etm (T4)	Rationné de 32 à 79 Jadr (T2)	Rationné de 80 à 119 Jadr (T1)	Rationné de 32 à 119 Jadr (T3)	C.V. (%)
Irrigation pendant le rationnement (mm)					
De 32 à 79 Jadr	98	10	105	8	
De 80 à 119 Jadr	116	130	29	46	
Hauteur des tiges (cm)					
78 Jadr	15 [a]	13 [a]	15 [a]	15 [a]	6.9
115 Jadr	36 [b]	34 [b]	24 [a]	26 [a]	6.2
315 Jadr	287 [a]	290 [a]	273 [a]	281 [a]	2.9
Composantes du rendement à la récolte					
Nombre de tiges par m^2	9.2 [a]	10.0 [a]	10.1 [a]	10.1 [a]	5.4
Diamètre moyen des tiges (cm)	2.55 [a]	2.46 [a]	2.46 [a]	2.45 [a]	2.5
Hauteur tiges usinables (m)	3.03 [a]	3.02 [a]	2.90 [a]	2.96 [a]	2.5
Poids sec sans tiges usinables (t/ha)	10.0 [a]	10.0 [a]	9.8 [a]	10.2 [a]	9.6
Poids sec des tiges usinables (t/ha)	37.5 [a]	36.2 [a]	36.8 [a]	38.6 [a]	9.8
Rendement (tonnes/ha):					
Poids frais des tiges usinables	144 [a]	144 [a]	139 [a]	148 [a]	6.8
Poids de sucre	19.2 [a]	20.2 [a]	19.3 [a]	20.3 [a]	11.0

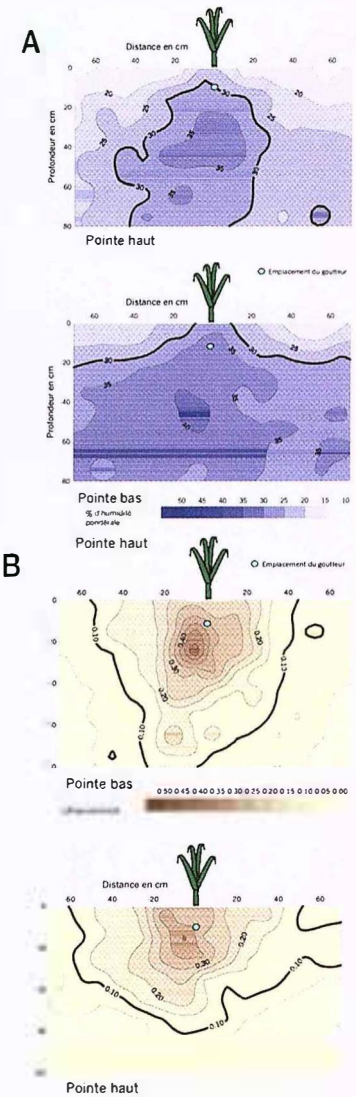


Figure 2 :
Relations entre l'humectation du sol (irrigation goutte à goutte) et l'exploration par les racines à Savannah (St Paul) sur une canne d'environ 300 Jadr.

A) Humidité du sol (% pondéral) sur deux parties d'une parcelle irriguée en goutte à goutte (nommée la pointe). Les parties hautes et basses correspondent respectivement à un mauvais et à un bon développement.

B) Longueurs racinaires (cm/cm^3) de sol sur les deux mêmes parties de la parcelle que A).

ments en ce qui concerne les rendements et leurs composantes (tab.1). Dans le premier tiers du cycle (0-120 Jadr), une réduction des apports d'eau par rapport aux doses préconisées ne paraît pas utopique, au moins dans les conditions expérimentales de cette année. Le dispositif doit être néanmoins maintenu plusieurs années pour confirmation

J.L. Chopart

Diagnostic agronomique d'un problème de croissance. Relations entre modalités d'irrigation (goutte à goutte), humectation du sol et racines de canne à sucre

A la demande du responsable d'un périmètre irrigué à Savanna (St Paul), un diagnostic agronomique a été réalisé sur une parcelle irriguée en goutte à goutte qui présentait des hétérogénéités marquées dans le développement de la canne. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer cette perturbation du fonctionnement de la culture, en particulier : i) des apports d'eau irréguliers, ii) des problèmes liés au sol (argileux) avec des causes d'origine chimique ou physique.

Des mesures couplées, sur des profils, de l'humidité du sol et des racines (comptages d'impacts) ont permis d'obtenir, d'une part des valeurs spatialisées de répartition de l'humidité pondérale (fig.2A), d'autre part, des densités de longueurs racinaires (Dlr), suivant une méthode décrite par ailleurs (Chopart, 2001a,b). Ces Dlr ont été cartographiées après krigeage (fig.2b). On a souligné les lignes d'iso-densité 0.1cm.cm -3 (soit environ 5 cm entre racines). Malgré un sol comparable sur les deux sites, le degré et la répartition de l'humidité sont très différents (fig.2a). Le contraste entre les distributions racinaires est un peu plus faible, mais très visible (fig.2b). Dans la partie haute, l'humectation du sol par les goutteurs est nettement plus faible et irrégulière. Cela a dû créer des contraintes physiques à la pénétration racinaire, et réduire celle-ci. La mauvaise humectation du sol paraît liée

au débit des goutteurs. La fertilisation se faisant à travers l'irrigation, un volume d'eau apporté inférieur à celui planifié conduit à une fertilisation inférieure à celle prévue. Le défaut de fonctionnement du réseau d'irrigation, entraîne, de ce fait, des problèmes d'alimentation minérale de la culture contribuant à la mauvaise croissance de celle-ci.

J.L. Chopart, D.Tran Minh

Relations entre l'altitude et la température de l'air dans l'Ouest de l'île

Du fait du relief accentué de l'île de la Réunion, il y existe une forte variabilité thermique sur de faibles distances. Or, la température est un facteur important de la croissance des espèces, en particulier de la canne à sucre. Le Cirad Réunion gère une base de données agro-climatologiques issues de ses propres postes et de données échangées. Cette base a été utilisée pour rechercher des relations entre la température de l'air (moyennes mensuelles) et l'altitude dans l'Ouest de l'île (où les données sont plus complètes). La zone concernée va du Port (lat. -20.9°, long. 55.3°) à St Joseph (lat. -21.4°, long. 55.6°) et de 0 à 1200 mètres d'altitude. De telles relations ont déjà été testées mais pas à l'échelle mensuelle. On utilise, ici, les valeurs moyennes mensuelles de l'ensemble de la série d'années pour calculer des relations entre altitude et températures (maximale, minimale, moyenne) de chacun des mois. Seuls les moyennes journalières sont reportées ici, les autres résultats sont disponibles par ailleurs (Chopart et coll., 2001).

Pour chacun des mois, et pour la zone concernée, il existe une excellente relation linéaire entre l'altitude et la température moyenne (R2 supérieur à 0.93). Les ordonnées à l'origine (température à 0 mètre) sont comprises entre un maxi de 27°C (janvier février) et un mini de 21°C (fig.3). Le gradient thermique en fonction de l'altitude fluctue au cours de l'année, entre - 0.7 et - 0.8 °C/100 mètres (fig.3). Cette fluctuation peut s'ajuster à un polynôme du 3 ème degré, elle n'est pas exactement en phase avec celle de la température au niveau de la mer. Cette analyse permet d'affiner l'estimation des températures et de confirmer l'effet très important de l'altitude à la Réunion. Les valeurs locales de gradient thermique obtenues sont légèrement supérieures à celle proposée dans la littérature (- 0.65°C/100m toute l'année et partout) et souvent utilisée à la Réunion.

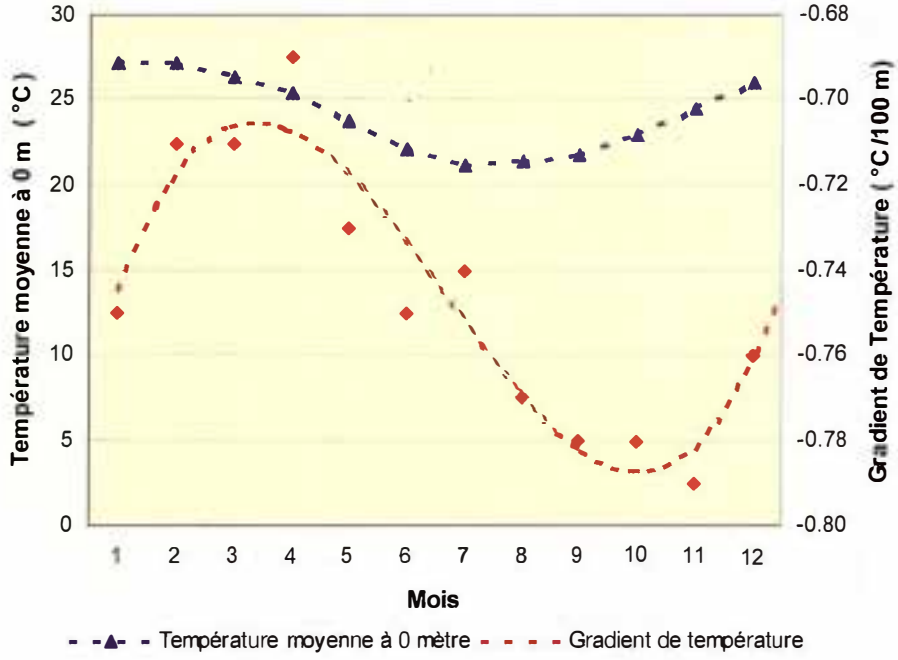


Figure 3 :
Relations entre l'altitude et la température moyenne de l'air la partie Ouest de l'île de la Réunion. Fluctuations annuelles de la température moyenne au niveau de la mer et du gradient de température en fonction de l'altitude (°C par 100 mètres).

J.L. Chopart

Modélisation de la croissance de la canne à sucre

Après une période de mise au point méthodologique et d'observations dans des conditions climatiques contrastées, un premier modèle Mosicas a été créé avec la variété R570 cultivée sur des repousses de cycles annuels. Son domaine de validation qui s'étend à des conditions contrastées de rayonnement, température et alimentation hydrique n'est valable que pour des conditions optimales d'alimentation minérale, d'enherbement et de maladies. Une plate-forme de simulation (Simulex) permettant de gérer les données d'entrée et de lancer des simulations a été construite. Des applications du modèle ont été réalisées : Etude de la croissance et des potentialités, estimations de récoltes, intégration cartographique, appui à l'irrigation,...

Figure 4 :
Evolutions du rendement en T/ha et en T/ha/mois en fonction de l'âge en jours.

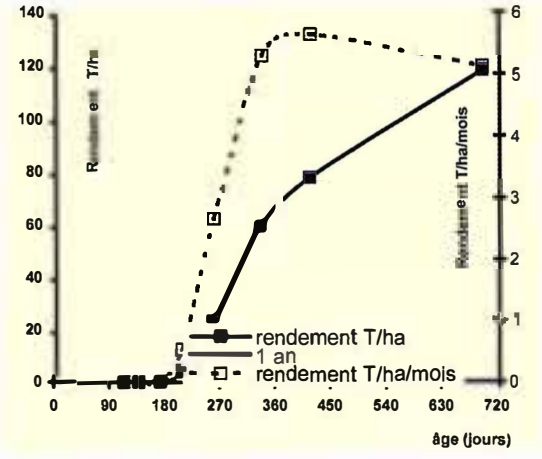
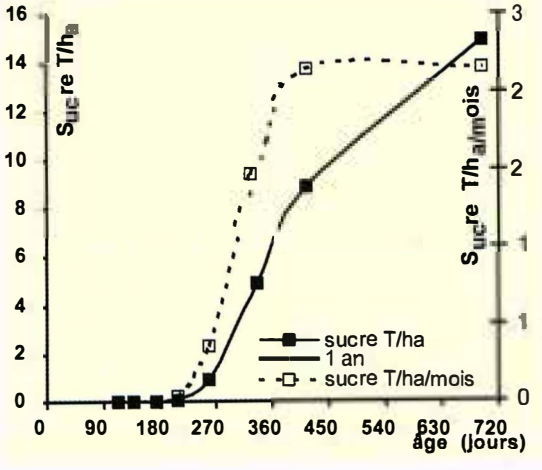


Figure 5 :
Evolutions du sucre en T/ha et en T/ha/mois en fonction de l'âge en jours.



Premiers résultats des observations sur les cycles longs

L'amélioration de l'itinéraire technique des cannes des hauts nécessite des études sur la réponse de la canne à l'écartement et à la longueur du cycle avec pour ce dernier facteur une révision probable de la nutrition azotée. Ces études concordent avec la nécessité d'intégrer l'effet des cycles longs et de l'azote dans le modèle de croissance. Les résultats globaux de l'ensemble des essais mis en place ne seront disponibles que fin 2003. Cependant, en ce qui concerne les cycles, les observations réalisées à Colimaçons (800m) sur une parcelle de R570 cultivée en pluvial et suivie en repousse pendant 2 ans permettent de présenter les résultats suivants. Les premières observations confirment l'apparition très tardive (7-8 mois) de tige usinable et de sucre dans les hauts. On note un fléchissement de la production que ce soit en canne ou en sucre après 12 mois par rapport à la période précédente. Les évolutions de rendement et de sucre exprimées en T/ha/mois permettent d'estimer la longueur optimum du cycle bien que d'autres critères agronomiques (entretien), climatiques (cyclone) et économiques (mode de paiement de la canne) soient à prendre en compte. En ne retenant que ce critère (T/ha/mois) l'optimum de rendement T/ha/mois se situe entre 12 et 13 mois (fig4) avec un fléchissement ultérieur appréciable alors que l'optimum en sucre.ha/mois (fig5) semble se situer entre 14 et 24 mois. (plateau) L'augmentation de sucre/ha/mois entre 12 et 14 mois est due à celle de la richesse dont le 'pic' n'est pas à 12 mais plutôt 14 mois dans ces conditions de culture. (fig6) Ces résultats sont à confirmer. La comparaison avec d'autres variétés plus adaptées aux conditions des hauts (et non traitées ici) devrait permettre de relativiser ces premiers acquis.

Etudes en pots sur la dynamique de répartition des composantes de la biomasse

Jusqu'à présent, toutes les séries d'observations ayant servi au calage du modèle, ont été effectuées sur la biomasse aérienne et ses composantes.

Or le modèle, en plus des coefficients de partition entre les différentes composantes de la biomasse aérienne nécessite de connaître la partition entre les biomasses aérienne et racinaire. Le coefficient de partition racine/aérien inclus dans le modèle étant issu de la littérature, il nous a paru important de le vérifier sur la R570 en réalisant en vierge et repousses des études en pots.

Les résultats montrent qu'en canne plantée de R570 irriguée, la fraction de biomasse totale allouée aux racines n'est pas stable et décroît de 30% à 10 -15%. Après cette première année de mise au point méthodologique, des suivis du même type seront donc réalisés en 2001-2002 afin de déterminer le coefficient de partition de différentes variétés et l'évolution de l'allocation de biomasse aux racines sur repousse de R570.

Observations sur les caractéristiques variétales de 6 variétés commerciales réunionnaises

Le modèle ne comprenant actuellement qu'une variété, la R570, d'autres variétés cultivées à la Réunion et en Guadeloupe doivent être intégrées. De plus, la modélisation étant potentiellement un outil d'aide à la sélection, des études sur les relations entre caractéristiques variétales facilement mesurables et les paramètres plantes d'entrée du modèle doivent être réalisées. Elles incluront aussi une détermination des différentes réponses variétales au stress hydrique. Une première série d'observations a été effectuée à la Bretagne sur vierges des principales variétés cultivées à la Réunion : R570, R572, R573, R575, R577 et R579, ayant reçu 3 niveaux d'azote. Les figures 7 et 8 montrent les différences variétales et l'effet azote pour deux paramètres du fonctionnement de la canne qui sont les vitesses d'apparition des feuilles et d'élongation des tiges Ces mesures seront effectuées en repousses pour confirmation et seront complétées par des mesure d'efficience de la photosynthèse. La mise en place d'un dispositif comparable en altitude devrait permettre de déterminer les températures seuil et vitesses d'émission d'organes et de croissance.

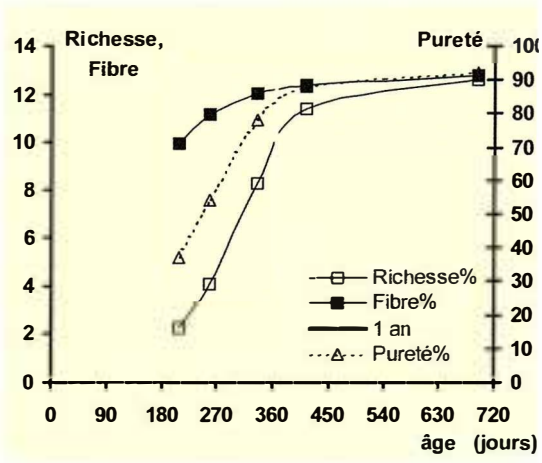


Figure 6 :
Evolutions de la richesse (%), de la fibre (%) et de la pureté (%) en fonction de l'âge en jours.

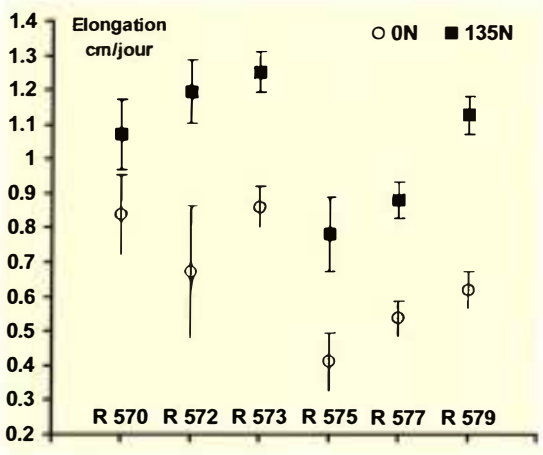


Figure 7 :
Elongations en cm/jour selon la variété et la dose d'azote

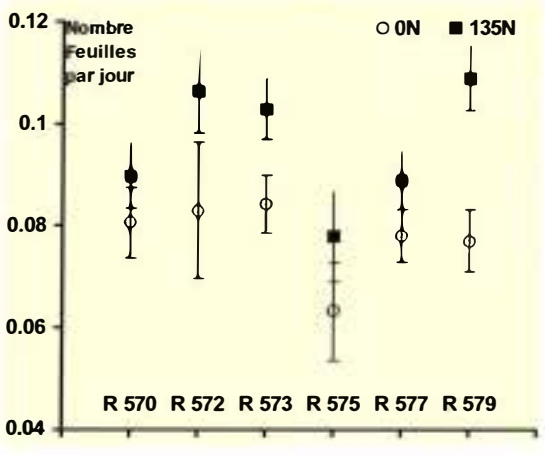


Figure 8 :
Nombre de feuilles émises par jour selon la variété et la dose d'azote

Validation de la méthode d'estimation indirecte de biomasse

Les observations de biomasses effectuées depuis 1994 et qui ont servi au calage du modèle à la Réunion utilisent une méthode indirecte non destructive décrite dans un précédent rapport. Cette méthode consiste à suivre l'évolution de la biomasse de placettes que l'on ne récolte jamais en mesurant à chaque date les hauteurs de toutes les cannes et en établissant la relation entre hauteur et biomasse par tige à l'aide d'un échantillon récolté en dehors des placettes. Afin de valider cette méthode, les biomasses de 27 placettes de 2 à 3 m de long effectuées sur 4 parcelles d'âges différents ont été estimées puis récoltées pour tester la validité de cette méthode indirecte. Les biomasses estimées ont été comparées aux biomasses réelles fournies par la récolte en utilisant une méthode de régression linéaire. Cette étude montre que la méthode estime de façon très satisfaisante les biomasses réelles. L'inconvénient de cette méthode étant l'échantillonnage réalisé en dehors des placettes, nous avons vérifié s'il existait une relation entre d'une part les biomasses réelles récoltées et d'autre part la somme des hauteurs mesurées. Des relations hautement significatives ont été trouvées et devront être validées à l'occasion de récoltes ultérieures.

Appui à l'irrigation

De nombreuses exploitations des hauts du bras de Cilaos et du bras de la Plaine ne disposent pas d'eau pour l'irrigation et présentent des rendements faibles à la limite de la viabilité économique. Ces rendements pourraient être augmentés en utilisant les reliquats d'eau issus des réseaux d'irrigation proches. Le modèle Mosicas et la plateforme de simulation Simulex ont donc été utilisés lors d'un stage (Solal Lehec) encadré par la Saphir et la Sucrière de la Réunion (P. Rondeau). Ce stage avait pour objectif d'estimer les augmentations de rendement potentielles occasionnées par des apports d'eau d'irrigation complémentaire. Sur 12 zones (6 dans hauts du bras de Cilaos et 6 dans les hauts du bras de la plaine) environ 1200 simulations ont été effectuées sur la période 1996 à 2001 avec des scénarios incluant deux dates de coupe et 4 modalités d'irrigation. Les simulations montrent que l'irrigation pourrait entraîner des augmentations potentielles de rendement de 30 à 50 T/ha dans les hauts du bras de la Plaine et de 45 à 70 T/ha sur les hauts du bras de Cilaos.

J.F. Martiné

Amélioration des structures de production et des prises de décision

Développement de systèmes de conseils technico-économiques aux groupements

Situation

L'augmentation des coûts des facteurs de production, associée aux aléas de production, conduisent à rechercher des solutions, notamment au travers d'une autre gestion de la mécanisation, pour maintenir un résultat d'exploitation positif de l'entreprise de travaux agricoles (Eta).

Les entreprises ont donc besoin d'informations sur leurs performances techniques, sur les chantiers et sur leurs clients, sur la disponibilité de leurs ressources pour adapter leurs gestions dans un environnement en mutation. D'autre part, elles doivent diversifier leurs prestations, récolte, aménagements fonciers... car l'équipement des agriculteurs s'améliore, et les travaux, autrefois confiés aux Eta, sont maintenant à leur portée.

Il ne reste aux Eta que les travaux rares, ou très lourds, ou dans les zones où les agriculteurs ne souhaitent pas mettre en danger leurs propres équipements.

L'appui technique a donc porté sur l'amélioration de la gestion des parcs de machines et la mécanisation de la coupe de la canne à sucre.

Système de conseil technico-économique aux ETA

L'objectif consiste à mettre au point une structure de base de données adaptée et à constituer un référentiel qui intègre:

- des techniques pour améliorer la récupération d'informations,
- des traitements automatiques pour élaborer des tableaux de bords dynamiques, et des solutions d'archivage pour réaliser des historiques.

L'ensemble de ces éléments constitue un système (Sadem gestion) qui permet de simuler des résultats économiques d'un service, ou des charges de travail de ressource.

Les réalisations.

En dehors des rapports de base comme le suivi des consommations de carburant par engin ou le suivi des pièces et fournitures affectées à un engin, le système produit des éléments détaillés de suivis que la comptabilité de l'entreprise ne permet pas d'obtenir. La structure de la base de données "Sadem gestion" permet de répartir les coûts en fonction des opérations réalisées. Des analyses plus fines, par opération, pour l'aide à la décision sont aussi possibles. Les résultats économiques apparaissent dans des matrices spécialisées, dans des "tableaux d'organisation" et des "tableaux d'objectifs".

Les matrices spécialisées :

- Matrice du "Nombre d'heures par matériel et par opération".
- Matrice du "Chiffre d'affaire par matériel et par opération".
- Matrice du "Coût par matériel et par opération.
- Matrice de Résultats par matériels et par opération.

Les tableaux d'organisation :

Ils répondent aux questions suivantes :

- "Quel matériel choisir pour une opération donnée?" Les engins sont choisis dans l'ordre des résultats décroissants pour l'opération.
- "Quelles sont les opérations intéressantes pour un matériel donné ?". En transposant la matrice des résultats, on peut affecter une liste d'opérations "rentables" à un matériel donné.

Les tableaux d'objectifs :

Les tableaux servent à ajuster les masses financières pour atteindre un résultat économique donné. Ils intègrent l'historique des coûts et des chiffres d'affaires et permettent de simuler les conséquences sur le résultat financier de choix concernant la structure du parc d'équipements et de l'encadrement, ou de choix dans les opérations techniques à réaliser.

L'analyse par opération permet de recalculer des objectifs individuels optimisés par engin, ou par opération, ou pour la combinaison des deux. Les objectifs sont donnés sous deux formes: soit en nombre d'heures, d'hectares, soit en chiffre d'affaire par opération ou par engin. Le technicien chargé du suivi des travaux dispose donc d'objectifs chiffrés et le secrétariat du service travaux est en mesure de transmettre régulièrement la matrice de résultats actualisés pour le suivi de l'activité.

D'autres outils sont en préparation :

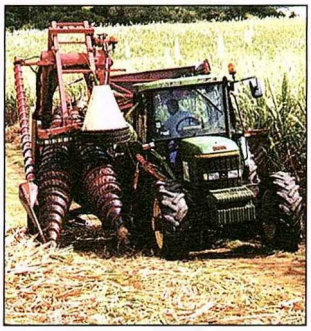
- Un logiciel de représentation des plannings d'activités permettant de contrôler le ratio Heures Chauffeurs/Heures Facturées, et les interventions logistiques.
- Un atlas des chantiers réalisés et des difficultés rencontrées.
- La mise en réseau de ces outils pour que l'équipe technique de l'entreprise ait en permanence des informations à jour.

Conclusion

L'approche "Gestion par activité et par engin" de Sadem gestion apporte une aide précieuse aux décisions techniques et d'organisation, et permet de fixer les objectifs individuels à atteindre ainsi que d'assurer le suivi des réalisations.

La coupe mécanique en zone difficile avec la coupeuse SIMON

A l'issue de l'analyse de la campagne 2000, des modifications de la coupeuse ont été réalisées. L'objet principal de ces modifications était de supprimer les multiples petites pannes recensées en 2000, de faciliter les réglages de certains organes de la machine pour l'adapter rapidement aux chantiers et pour faire baisser les coûts d'exploitation. Parallèlement, un dispositif d'enregistrement des données de chantier en continu, plus fiable, et prévu pour des enregistrements sur de longues périodes a été installé sur la coupeuse.



Coupeuse Simon (J.C. Dagallier)

Coupeuse "Moller GK-75 Whole Stick Cane Harvester"

Les performances :

Les enregistrements réalisés au cours de la campagne sont résumés dans le tableau 4.

Les rendements de cannes en t/ha des parcelles ont été très moyens dans l'ensemble, sauf pendant une semaine (135.5 tonnes/ha). Les rendements de coupe pure se confirment autour de 16 à 17 tonnes de cannes /heure. Les rendements de chantiers sont stables. Le temps de manoeuvre en bout de rang reste encore trop important et représente l'équivalent du temps de coupe pure.

Les coûts

Grâce aux modifications apportées sur la machine et au choix de parcelles, les coûts directs sont en forte baisse par rapport à la campagne 2000. Le tarif de coupe se situerait entre 50 et 55 fr./t .

Logistique et organisation des approvisionnements

Un des moyens d'action pour accroître l'efficacité de la filière canne réside dans une meilleure maîtrise des approvisionnements. Cette amélioration passe notamment par la réduction des coûts des opérations de récolte, de transport et de réception des cannes, de la parcelle à l'usine.

Les travaux en cours répondent aux objectifs suivants :

- Tester, en collaboration avec les différents partenaires de la filière, l'impact de modifications de l'organisation des modes d'approvisionnements sur le fonctionnement global du système.
- Comparer différents scénarios d'évolution de l'organisation afin de fournir un support à la réflexion des acteurs et à leur décision.

Un premier modèle, conçu dans le cadre d'une thèse, a été développé sous Access. Il permet de tester des scénarios d'évolutions à l'échelle du bassin d'approvisionnement et de raisonner sur la valeur globale dégagée par la filière. Par ailleurs, un logiciel en cours d'élaboration, permet de simuler divers fonctionnements logistiques, à l'échelle hebdomadaire, et de tester leurs conséquences sur les flux et les coûts ainsi que les contraintes générées par les planteurs et les industriels.

Valorisation de la qualité des productions

La quantité et la qualité des productions dépendent de nombreux facteurs tels que la situation pédoclimatique, les itinéraires techniques et les pratiques culturales, les quotas et les modalités de paiement de la canne. L'objectif général de cette étude est de proposer des modes de production et des modes d'organisation des approvisionnements tenant compte des variations qualitatives et quantitatives des cannes produites au cours d'une campagne. Leur mise en oeuvre doit être compatible d'une part avec le système de relations entre les acteurs de la filière et d'autre part avec les stratégies des producteurs vis à vis de la qualité.

Plus précisément, il s'agit :

- d'identifier la gamme de variations liées à la localisation géographique et aux pratiques culturales afin de déterminer si elle est valorisable au niveau de la filière. Notamment, à l'échelle du bassin d'approvisionnement, cette étape pourrait permettre de déterminer des zones homogènes de maturité et de voir si les différences de maturité sont suffisantes pour que l'on puisse les exploiter.
- de déterminer l'influence des pratiques culturales (notamment des choix variétaux, des modalités de gestion de l'eau et des modalités de récolte) sur les processus d'élaboration de la qualité, afin de définir des marges de manoeuvre permettant de jouer sur la variabilité.

JC. Dagallier

tableau 4 : Heures, tonnages - Rendements hebdomadaires (coupeuse COOP)

	Semaine	Hectares	Moteur (hr)	Coupe (hr)	Manœuvres (hr)	Tonnages (T)	Rdt moteur (t/h moteur)	Rdt coupe (t/h coupe)	Rdt Ha (t/ha)
TOTAL	22	28,91	284,97	130,95	106,47	1978,50			
Moyennes		1,3	13,0	6,0	4,8	89,9	7,1	16,3	75,9
Ecart type		0,8	6,2	3,3	2,4	43,6	1,8	4,9	22,6
Mini		0,1	1,9	0,5	0,5	14,9	4,5	10,9	49,4
Maxi		3,7	28,5	15,3	11,1	189,6	11,3	31,7	135,5
Amplitude		3,6	26,6	14,9	10,6	174,7	6,8	20,8	86,1

Communications à congrès

Chopart J.L., Siband P., Dingkuhn M., Roveda G., 2001. From single plane profiles to root length density in space. Validation of a model in the field. In :"*The 6th Symp. of the Int. Society of Root Research* ", 11-15 11 Nagoya, Japan. Root Research, vol 10, extra issue 1, pp. 586-567.

Dagallier J.C. 2001. Système d'aide à la gestion des équipements pour les entreprises de travaux agricoles & Exemple d'application à la Réunion" In *Third European Conference on Precision Agriculture*, 18 au 20 Juin 2001, Montpellier. 2 posters.

Le Mézo L., Chopart. J.L., Combres J.C. 2001. Le logiciel Irricanne du Cirad : Premiers résultats de terrain et perspectives. *Communication congrès Int. de l'Afcas*, Yaoundé, 5-8 juin, 8p. (Egalement présenté au : séminaire sur la préservation et la valorisation de l'eau dans le domaine littoral, St Denis Réunion, juin 2001).

Martiné J.F., Combres J.C., Mézino M. 2001. Une plate-forme de simulation comme outil d'analyse et d'aide à la décision : Simulex *in Actes de l'Afcas 2001*. Yaoundé Juin 2001

Martiné J.F., Lebret, P., Bonhomme, R. 2001. Effect of soil water content, intercepted radiation and temperature on sugar cane sucrose balance and partition. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*. Brisbane p.58-64

Martiné J.F. Lebret P. 2001 Modelling the water content of the sugarcane stalks. *in 2001 SASTA proceedings*. Durban.

Rapports, posters, documents de vulgarisation

Chopart J.L. 2001. *Comment évaluer in situ les racines des cultures ? Guide pratique de différentes méthodes d'études racinaires*. Diaporama 52 diapos sur CD, CIRAD.

Chopart J.L., Mézino M., Le Mézo L. 2001. *Relations empiriques entre l'altitude et la température dans la partie Ouest de l'île de la Réunion*. Doc. mult. Cirad-Réunion, 11 p.

Chopart J.L. 2001. *Projet météo Renforcement du réseau de postes météo dans la sole cannière*, volet Cirad, réunion d'étape du 24 août. Doc. mult. Cirad Réunion, 4 p.

Dagallier J.C. 2001. *Système d'aide à la gestion pour les Eta*. Document Cirad. 40 pages et index.

Smith P. Septembre 2001. *Etablissement de correspondances entre le fonctionnement physiologique de la canne à sucre et les concepts du modèle Stics*. Stage de Daa de l'Ensa Rennes. 63 pages.

Bouzouina S. Juillet 2001. *Calage et validation du modèle Cerescane*. Stage de Dea de mathématiques appliquées d'Orsay. 8p

/ Fruits, légumes et plantes aromatiques /

Fruits, légumes et plantes aromatiques

La filière fruits et maraîchage est une composante fondamentale de l'agriculture de diversification à la Réunion.

Afin de renforcer sa compétitivité, le Cirad oriente ses recherches, dans le domaine fruitier et maraîcher, vers des systèmes de production intégrés, capables de répondre aux contraintes des producteurs, à l'attente des consommateurs et de préserver la qualité de l'environnement.

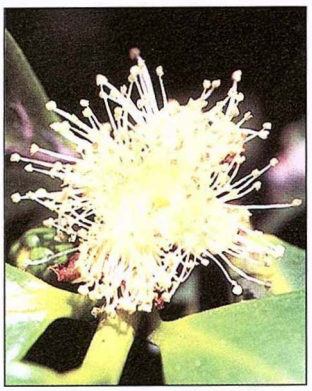
Ainsi, des études écophysiologiques du fonctionnement de l'arbre conduisent à la mise en place de nouveaux systèmes de cultures (goyavier, manguier), permettant une meilleure gestion du verger (taille, fertilisation) pour une production de qualité. Différents modules sont d'ores et déjà disponibles à différentes échelles, mais ceux-ci devront être complétés afin qu'à terme la prévision de la floraison et de la production tant quantitative que qualitative soit possible.

L'observation de nouvelles espèces (pitahaya) et de nouvelles variétés (litchis et ananas en particulier) et la mise au point d'itinéraires techniques adaptés offrent à la filière de nouvelles perspectives de diversification pour des marchés rémunérateurs comme celui des fruits exotiques haut de gamme, pour lesquels une garantie de qualité du produit est exigée.
La mise au point de systèmes de culture intégrés pour la production maraîchère sous abris donne aux professionnels des bases solides et des références indispensables à une conduite raisonnée pour une production planifiée de qualité.

L'année 2001 n'a donc pas connu de grandes modifications par rapport aux axes de recherche définis en 2000 avec l'ensemble des partenaires de la filière.

Les discussions locales ont été cependant enrichies par de fructueuses missions scientifiques réalisées tout au long de l'année, tant au niveau national (Inra, Ctifl, ...) qu'international (Espagne, Australie,...).

M. Jannoyer



La floraison, une étape clé qui conditionne en partie la future croissance des fruits

Fonctionnement de la plante

Elaboration du rendement et de la qualité du goyavier fraise

L'objectif de cette opération est de comprendre comment s'élaborent le nombre de fruits et leur calibre chez le goyavier-fraise, ainsi que la variabilité de ces deux caractères, afin de pouvoir orienter les techniques culturales vers des objectifs fixés de production, en quantité et en qualité, tout en réduisant la variabilité. Le cycle de production est découpé en 5 étapes clés : élaboration du nombre de fleurs, floraison, pollinisation, fécondation-fructification et croissance du fruit et les facteurs les affectant ont été recherchés. La modélisation de ces étapes et leur accrochage en un modèle général d'élaboration du rendement, doivent déboucher sur un outil de simulation et de prédiction pour aider les agriculteurs dans leurs choix techniques.

Les sorties attendues sont les distributions des calibres de fruit et des dates de récolte à l'échelle de la parcelle.

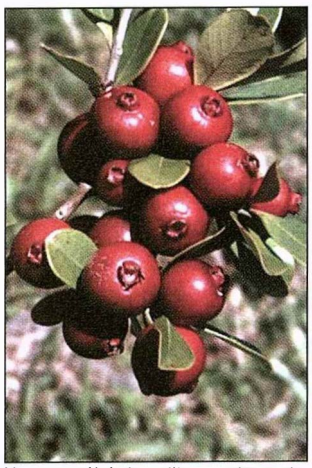
La variabilité de développement observée sur les parcelles est liée aux différences génétiques et environnementales locales entre plants. Le nombre de fleurs produites par plant sur un cycle de production naturel, résulte de son nombre de rameaux terminaux et de son développement qui conditionne l'intensité végétative et reproductrice de la pousse.

Le déroulement de la floraison est corrélé à la température. Un asynchronisme marqué est observé entre les plants lié, en partie, à leur hétérogénéité génétique. La floraison globale de la parcelle est représentée comme la somme des floraisons individuelles pondérée par le nombre de fleurs de chaque plant.

Le goyavier-fraise présente une autocompatibilité partielle et variable entre plants. La distribution des nombres de graines par fruit dépend du plant, de l'origine génétique du pollen et des conditions de pollinisation. Ces caractéristiques de la biologie de la reproduction du goyavier-fraise, qui reste mal connue par ailleurs, complexifient la modélisation des phases de pollinisation et de fécondation dans le cas d'une parcelle hétérogène. Il s'agit d'une limite pour notre approche et les voies pour contourner ce problème sont explorées.

La croissance du fruit résulte de son nombre de graines et du rapport feuilles/fruits du plant, facteurs étudiés au cours des étapes présentées ci-dessus. La construction d'un modèle de croissance du fruit est en cours.

F. Normand



Homogenéité de calibre et de stade de maturité chez le goyavier-fraise

En culture, favoriser un gros calibre de fruit plutôt qu'une charge importante sur l'arbre

Déterminisme de la floraison et conduite du verger chez le manguier

Architecture du manguier

Le suivi architectural des plants est réalisé conjointement avec S. Jaffuel (Amis Amap, Montpellier). Les résultats qui suivent sont issus des observations portant sur un verger de jeunes manguiers non taillés de la variété Lirfa et José.

De nos premières observations, on remarque :

- que des arbres non soumis à la taille présentent une ramification séquentielle comparable, sans désynchronisme (ce n'est pas le cas des arbres taillés ou traumatisés) (Fig. 1 a, b),
- une variabilité assez importante entre les plants observés,
- un désynchronisme d'autant plus marqué que les arbres sont greffés et taillés précocement.

Entre les 2 variétés suivies depuis 1 an, on note des fonctionnements assez similaires en matière de dynamique : le nombre d'Unités de Croissance mises en place en un an est comparable quel que soit l'ordre de ramification (fig. 2). Les différences apparaissent plus en terme de structure (probabilité de ramification, nature (florifère, fructifère) des branches, nombre de feuilles des U.C.).

Analyse de la densité de ramification

Cet essai a été conduit en collaboration avec P.E. Lauri (Inra-Ensam, Montpellier). Cette analyse des premiers résultats porte uniquement sur le sous-ensemble des rameaux qui ont porté des fruits lors de la récolte 2000-01. Ils ne permettent donc pas d'établir une relation de causalité entre le type de succession des flushs végétatifs et florifères et une fréquence plus élevée de fructification, qui reste un objectif important de l'étude.

Trois résultats nous apparaissent d'ores et déjà intéressants (tableau 1) :

- La "tenue des fruits" est significativement améliorée par la diminution du nombre d'inflorescences sur l'arbre, consécutive au défourchage. Dans cette expérimentation, la suppression de 1/2 et 3/4 des rameaux végétatifs ou florifères, dès leur mise en place, conserve le potentiel de production de l'arbre.
- Le défourchage, relativement aisé à réaliser sur jeunes flushs (facilement repérables, très cassants) diminue de façon significative la densité de ramification et améliore donc la porosité à la lumière ainsi que l'aération de la couronne de l'arbre.
- L'élimination de la moitié des inflorescences sur l'arbre permet une meilleure répartition des sites de fructification et autorise la croissance d'un plus grand nombre de fruits, on limite la compétition de proximité pour les assimilas carbonés en conservant un rapport "nombre de feuilles/fruits " élevé pour chaque site.

Verger piéton densifié

8 variétés ont été implantées en mai 2001 sur la parcelle 10 de Bassin Martin pour constituer le verger piéton. Les greffons ont été importés de la station de Vieux Habitants en Guadeloupe en octobre 2000 et ont été greffés sur Maison Rouge.

Ces variétés sont contrastées sur le plan du port de l'arbre, de sa production et de sa vigueur (Irwin, Kensington Pride, Nam Doc Maï, Sensation, Tommy Atkins, Lirfa, José, Kent). L'objectif est d'optimiser l'utilisation du volume disponible pour chaque arbre et de rechercher la meilleure répartition de la lumière possible sur chaque axe (photosynthèse et coloration des fruits), on évite le plan fruitier et on favorise le développement de branches dans l'inter rang (densité de plantation 3mx8m). Les premières manipulations seront réalisées dès que les plants seront suffisamment développés. Les premières arcures seront faites sur un fil à 80cm, puis à 120cm puis à 200cm.

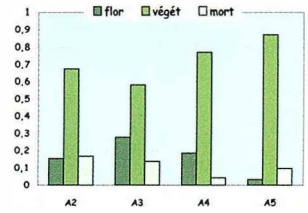
M. Jannoyer

Photosynthèse et acquisition de carbone chez le manguier

Les résultats obtenus en 2001 ont permis d'aboutir à un modèle biochimique complet de la photosynthèse à l'échelle de la feuille. Ce modèle peut être utilisé pour simuler la photosynthèse de feuilles en provenance de manguiers bien irrigués, en fonction de leur position par rapport à la lumière et de paramètres climatiques simples à mesurer, la température et le rayonnement.

Des recherches complémentaires ont été engagées en vue de compléter le modèle biochimique de la photosynthèse avec un modèle hydrique de la conductance stomatique. L'objectif est de pouvoir également simuler la photosynthèse lorsque la disponibilité de l'eau n'est pas idéale dans le sol. Par ailleurs, des recherches associant l'Inra de Clermont-Ferrand visent à simplifier l'évaluation de l'accès à la lumière des feuilles en recourant à

a-Axe principal végétatif



b-Axe principal florifère

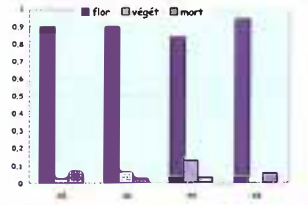


*Fig 1 : Illustration du synchronisme de fonctionnement des axes pour des manguiers Lirfa de 3 ans non taillés **
**Nature (en %) des bourgeons axillaires apicaux selon l'ordre de ramification : synchronisme de fonctionnement des axes pour des manguiers Lirfa de 3 ans non taillés suivant la nature de l'axe principal*

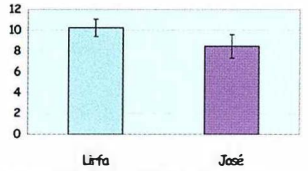


Fig 2 : Nombre d'UC mises en place sur le tronc pour 2 variétés de manguiers Lirfa et José, 3 ans non taillés

Traitement	Nbre total (1) d'inflorescences	Nbre total (2) de fruits récoltés	Poids moyen d'un fruit (g)	Tenue des fruits (2/1 ; %)
T1	3670	1172	405.7 ns*	29.4 b**
T2	3037	1087	377.7 ns	33.9 b
T3	2111	1191	418.5 ns	44.7 a
T4	3810	1577	353.3 ns	66.6 a
T5	3203	1355	406.8 ns	28.0 b

**ns : Différences non significatives au seuil de 5%. **Les nombres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.*

Tableau 1 : Nombre d'inflorescences, nombre de fruits, calibre représenté par le poids moyen des fruits et le pourcentage de tenue des fruits pour les différents traitements réalisés en 2000

(T1= témoin, T2= Traitement 50%, T3= Traitement 75% T4= 50% des inflorescences, T5= 50% de l'inflorescence).

l'analyse architecturale. Enfin, l'année 2002 verra le démarrage d'une campagne de mesures dont l'objectif est de quantifier les flux de réserves carbonées chez le manguier. Il est rappelé que le modèle final devrait permettre de tester l'hypothèse d'un contrôle de la floraison par les réserves de sucres chez le manguier, avec en ligne de mire la maîtrise de la floraison et de la production, dont l'enjeu socio-économique fondamental est l'augmentation des exportations de mangues à partir de la Réunion.

L. Urban (Inra)

La croissance du fruit et l'élaboration de la qualité de la mangue

Effet de la charge en fruits sur la croissance et l'élaboration de la qualité de la mangue Lirfa

Chez le manguier, il existe une variabilité importante de la production et de la qualité des fruits au sein d'un même arbre. De nombreux critères (calibre, coloration, qualité gustative et aromatique) sont reliés plus ou moins directement à la croissance du fruit. La croissance des fruits résulte de l'accumulation d'eau et d'assimilats carbonés.
Elle est donc principalement influencée par l'alimentation hydrique et carbonée du fruit.
On s'attache donc actuellement à :
- étudier l'influence de la fourniture en assimilats et de la disponibilité en eau sur la croissance de la mangue
- étudier les relations entre la croissance en calibre et l'élaboration de la qualité gustative du fruit chez le manguier
- étudier la relation entre croissance, maturation et élaboration de critères de conservation chez la mangue.

Une première expérimentation a été menée en intervenant sur la charge en fruits du rameau "porteur" afin d'étudier l'influence de l'alimentation carbonée sur la croissance et l'élaboration de la qualité des mangues. Nous réalisons une décortication annulaire à la base du rameau (constitué de bois, feuilles assimilatrices et fruits en croissance) pour éviter les transferts d'assimilats avec le reste de l'arbre et obtenir alors un fonctionnement autonome pour les flux de carbone. Les premiers résultats montrent que la croissance en calibre des fruits placés en conditions contrastées d'alimentation carbonée (nombre de feuilles par fruit respectivement de 10, 25, 50, 100 et 150) est dépendante du traitement (fig. 3). A maturité, le poids des fruits du traitement 150 est trois fois supérieur à celui du traitement 10 feuilles par fruit. L'accumulation d'eau et de matière sèche est maximale pour les fruits des traitements 100 et 150 feuilles par fruit. La croissance de la mangue est associée à une chute de l'acidité du fruit et à une augmentation de la teneur en matière sèche et du taux d'extrait sec

Fig 3 : Effet de la charge en fruits du rameau sur la croissance en calibre de la mangue

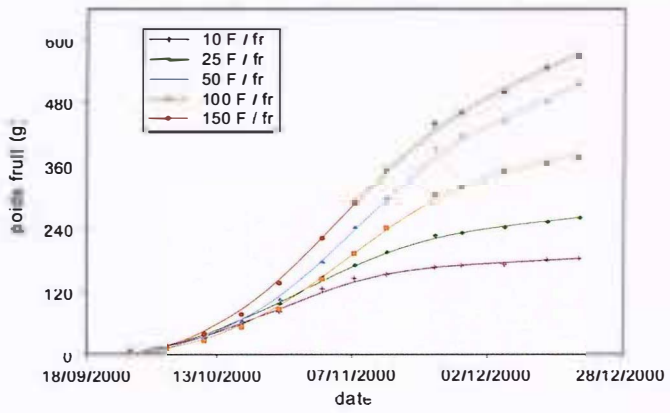
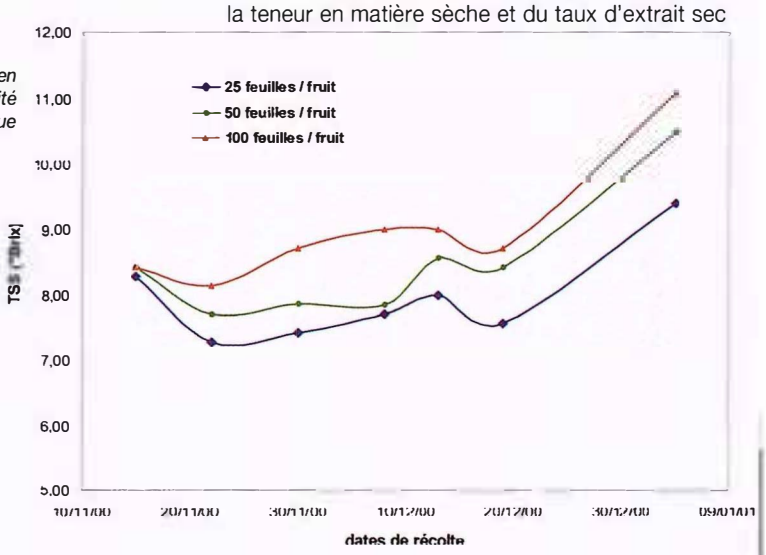
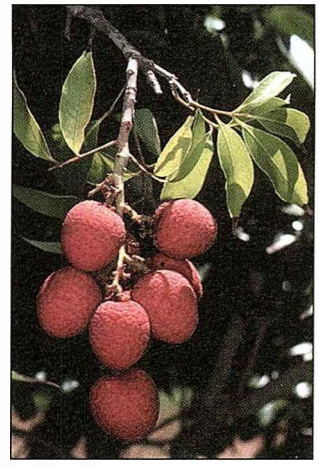


Fig. 4 : Effet de la charge en fruits du rameau sur la qualité gustative de la mangue



soluble (fig. 4). L'effet de la charge en fruits sur l'élaboration de la qualité gustative est marqué. En effet, des sucres comme le saccharose et le fructose, s'accumulent beaucoup plus lentement chez les fruits en condition de faible alimentation carbonée (25 feuilles par fruit). Le métabolisme des acides maliques et citriques est également dépendant du nombre de feuilles par fruit. Cette année, une expérimentation complémentaire sur le stress hydrique a été mise en place. Elle nous permet d'analyser l'influence de l'alimentation hydrique et carbonée sur l'élaboration de la qualité gustative, de la maturation et d'indicateurs de conservation.

M. Lechaudel



Variété lisse 2
(C. Lavigne)

Evaluation et valorisation du matériel végétal

Valorisation d'espèces et variétés fruitières tropicales

Evaluation du germoplasme de litchi

Une évaluation complète des variétés en collection à Bassin-Plat (Saint-Pierre) a été réalisée au cours de la récolte 2001-2002.

Les efforts d'introduction, de prospection et d'évaluation ont commencé en 1985 et se sont poursuivis depuis, avec les aléas des cyclones comme Firinga qui ont parfois fait disparaître certains individus. Une grande partie des individus est maintenant adulte, mais quelques clones prometteurs restent à observer pendant quelques années. L'évaluation porte sur plusieurs critères :

- précocité, pour éviter le pic de production du Kwaï Mi
- qualité du fruit (arôme et goût, poids important, couleur de la coque, faible poids de noyau)
- résistance aux vents cycloniques
- faible alternance
- productivité

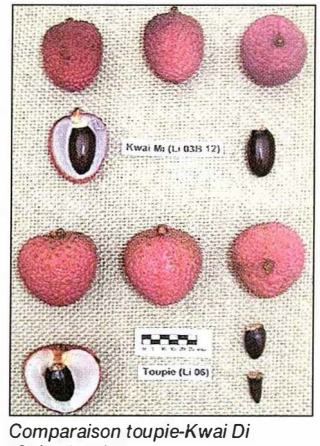
En 1996, une première sélection de variétés a permis de mettre en place quelques vergers de comportement en collaboration avec l'Armeflhor. Ces arbres sont maintenant presque adultes et la qualité des variétés Dehra Dun, Haak Yip, Kwaï May Pink et Pdm a été validée. Le verdict des producteurs est attendu, puis celui des consommateurs. Après l'évaluation de 2001, d'autres variétés pourront maintenant être testées en vergers de comportement : Toupie Bma, Lisse 2, GF1, et Violet. Toutes sont plus précoces que Kwaï Mi. Les dénominations sont provisoires, ces variétés étant le résultat de prospections locales conduites par Normand en 1988-1990.

La maturité optimale a été définie (Huat, 1990) par un rapport entre sucre et acidité (Ess / Ac) compris entre 2,1 et 2,7 pour le Kwaï Mi.

De manière arbitraire, cette fourchette a été utilisée pour toutes les variétés.

La variété Toupie Bma, outre sa précocité, a l'avantage d'un fruit plus gros (26,9 g contre 19,8 g pour le Kwaï Mi), et d'un pourcentage élevé de petits noyaux ou de noyaux avortés (70 à 100 % selon les années). Elle est facilement identifiable à la forme caractéristique des fruits. Les caractères de la variété sont stables après multiplication végétative (marcottage).

Variété toupie Bma
(C. Lavigne)



Comparaison toupie-Kwai Di
(C. Lavigne)

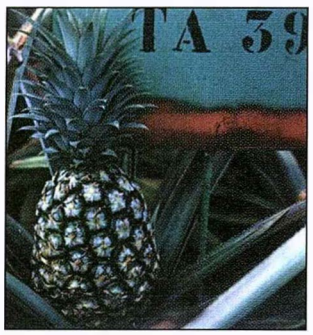
Diversification de la production bananière

A la demande de la profession, nous avons introduit en 2001 trois cultivars de bananier de type " Mignonne ". Il s'agit des variétés :

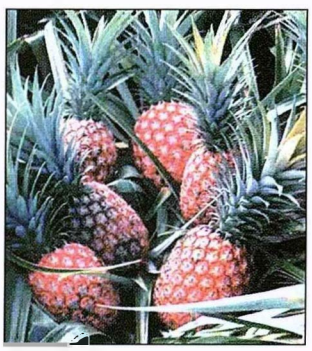
- Rajapuri India
- Walha
- Prata Ana

Toutes ces variétés devraient posséder un pseudotronc court (port " nain ") et un régime de poids satisfaisant. Les individus sont en quarantaine. Une évaluation de leurs caractéristiques sera réalisée courant 2002

C. Lavigne



Queen Tahiti = Pomaré
(Photo Cirad Martinique)



Cirad RL41
(Photo Cirad Martinique)

Systèmes de production intégrés
Amélioration de la production de l'ananas

Ananas Victoria, problème des tâches noires :

Le problème des taches noires reste toujours le principal objet de recherches du programme, avec une approche par la nutrition minérale.

Equilibre entre les cations

Sur une parcelle de la côte est, très concernée par le problème des taches noires, nous avons appliqué différentes fertilisations foliaires en calcium, magnésium et potassium, d'une part entre la plantation et le traitement d'induction floral (Tif), et d'autre part entre la plantation et la récolte. Quel que soit le traitement, le nombre de taches noires humides ou sèches est très élevé dans toute la parcelle (60 à 90 % des fruits ont au moins 1 tache).

- Il augmente quand on n'apporte pas de calcium et de magnésium dans la fertilisation.
- Il augmente encore quand on applique une fertilisation en cours de grossissement du fruit.

Cette pratique reste donc toujours déconseillée. Mais le rapport K/(Ca+Mg), analysé dans la feuille D au Tif, ne peut pas expliquer à lui seul la présence de taches noires dans les fruits.

Traitement	N	K_2O	CaO	MgO
1	Témoin (conduite producteur)			
2	5	7.5	4	4
3	5	15	4	4
4	5	7.5	4	4
			(dont 1.7 après TIF)	(dont 1.7 après TIF)
5	5	15	4	4
			(dont 1.7 après TIF)	(dont 1.7 après TIF)
6	5	7.5	0	0
7	5	15	0	0

Taches noires : Fertilisants apportés par voie foliaire (g / plant / cycle)

Application de chlorure de calcium

Des travaux antérieurs réalisés à la Martinique avaient montré un effet d'une application de chlorure de calcium (spécialité commerciale : Pitpom) sur le nombre de taches noires.

Une expérimentation lourde réalisée à la Réunion a montré un effet du Pitpom sur les taches sèches, quand ce produit est appliqué sur la plante entière, de la floraison au Tif. Ce résultat semble prometteur. Les expérimentations seront approfondies.

Détection par radiographie X

Des radiographies aux rayons X, à différentes puissances de pénétration, ont été utilisées pour détecter la présence de taches noires de manière non destructive.

Elles n'ont pas permis de distinguer les taches noires pourtant présentes en grande quantité dans les fruits testés. La densité des tissus atteints est donc identique à celle des tissus sains.

Diversification variétale

Certains producteurs ont souhaité disposer d'une gamme variétale plus large, leur permettant d'une part de diversifier l'offre au consommateur, mais également de pouvoir planter des cultivars de qualité gustative améliorée, à cycle plus court, et produisant un nombre de rejets plus faible que le Victoria . Ils pourraient ainsi continuer la culture en deuxième cycle et amortir l'investissement de la plantation sur deux récoltes.

- Les vitro-plants introduits en 2000 (variétés Tahiti, Mauritius et Mac Gregor) du groupe Queen sont actuellement en parcelle d'observation et seront récoltés courant 2002.
- Un hybride prometteur, le RL41 a été introduit à la Réunion en 2001 sous forme de vitro-plants.

Cet hybride est issu des programmes de sélection variétale du Cirad à la Martinique (sélection par croisements classiques). Ses feuilles n'ont pas d'épines, son fruit est cylindrique, rouge orangé avec les yeux plats.Les plants sont encore en phase de sevrage et seront mis en champ dans le courant du deuxième semestre 2002.

Culture biologique

A la demande de certains producteurs désireux de s'engager à moyen terme dans la production de fruits issus de l'agriculture biologique, nous avons mis en place en 2000 et récolté en 2001 un test de mise en culture selon les méthodes agréées en agriculture biologique. Toute la fertilisation a été apportée sous forme organique dans le

billon avant la plantation. Plusieurs doses de 10 à 40 t/ha de billon ont été testées ainsi que plusieurs types d'amendements organiques (fumier de cheval, fumier de bœuf, Bactor, Végéthumus et leurs mélanges).
Les billons ont été recouverts de film polyéthylène noir 80 µm et plantés à une densité de 100 000 plants par hectare. Les passe-pieds ont été paillés avec des feuilles de canne, du vétiver ou de la bagasse.
L'enherbement reste le principal souci : un passage mensuel à la débroussailleuse dans les passe-pieds est indispensable au contrôle de l'herbe dans les conditions de l'expérience. La meilleure couverture morte est la feuille de canne.
Le Cyperus (zoumine) se révèle envahissant. La plantation d'une plante de couverture à croissance rapide, mais non volubile (graminée ?) serait à étudier.
Les attaques de cochenilles sont maîtrisées par une application mensuelle d'huile autorisée.
Il a été impossible de déclencher la floraison par des méthodes biologiques (eau glacée, fumée) ; ces techniques sont encore à l'étude. En cas d'échec, cela signifierait que seule la fructification de saison (décembre-février) serait utilisable.
L'apport de 40 tonnes d'amendement organique par hectare de billon (4 kg / mètre de billon) donne les meilleurs rendements. Les résultats obtenus en terme de rendement pour les différentes sortes d'amendements sont très proches, mais restent plus faibles que pour une culture conduite avec une fertilisation foliaire classique. Une réduction de la densité de plantation permettrait d'augmenter le calibre des fruits.

Couverture bagasse (C. Lavigne)

Résidus de produits phytosanitaires
Dans le cadre d'une action concertée entre le Cirad et le Service de la protection des végétaux (Daf), une étude des résidus de pesticides dans les fruits a été conduite.
Les plants reçoivent pour chaque pesticide la dose maximale autorisée, aux époques préconisées par les organismes de développement. Certains produits non homologués ont été également appliqués. Les fruits récoltés ont été broyés et seront analysés par le Laboratoire Régional de la Dgccrf.

C. Lavigne

Couverture feuilles de cannes (C. Lavigne)

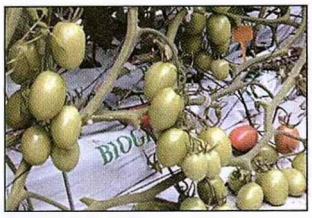
Systèmes de production intégrés des cultures maraîchères

Amélioration des systèmes de culture de tomate hors sol

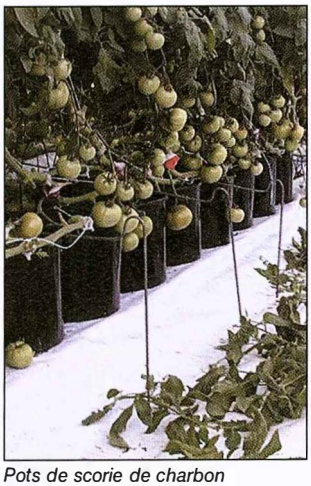
Ce thème est conduit en étroite collaboration avec le groupe cultures sous abris de l'Armeflhor. Une comparaison de différents pilotes d'irrigation a permis de démontrer que chacun est utilisable à condition d'en connaître les limites :
- le **solarimètre** qui prend uniquement en compte le rayonnement solaire nécessite un complément en début de journée afin de compenser le déclenchement tardif de la première irrigation ; il sera intéressant pour les exploitations comprenant de nombreuses unités à condition, toutefois, de disposer d'une station d'irrigation pouvant faire le cumul de la radiation solaire ;
- l'**évaporomètre** est le pilote le plus délicat d'emploi car il est sensible à toute variation du climat sous la serre (ouverture des ouvrants, brumisation, ...) ;
- le **Start-bac** est relié directement aux besoins des plantes mais ne peut toutefois pas être employé avec les substrats minéraux tels que la scorie de charbon. Il est plus approprié sous les grands abris.

En mars, un voyage d'études, co-organisé par l'Armeflhor, le Cirad et la Fdgdec, a conduit une dizaine de producteurs hors-sol réunionnais à travers le sud de la France et l'Espagne. Les visites ont été organisées dans des exploitations individuelles ou au sein de groupements, des stations d'expérimentation (Airel et Ctifl) ainsi que des sociétés grainières (Seminis), une usine de fabrication de serre (Richel) et au salon Sifel d'Agen.
L'essai variétal mis en place mi-juillet répond à une demande de l'Armeflhor qui souhaitait pouvoir réunir, sur un même site, 34 variétés de tomates appartenant à 4 types (vrac, oblongue, grappe et beef). Cette expérimentation est aussi l'occasion de tester l'intérêt des observations en cours de culture afin d'en faire des outils de diagnostic de

Plante découverte en maraîchage (S. Simon)



Essai variétal de tomate (S.Simon)



Pots de scorie de charbon (S. Simon)

l'état de la culture. Au cours des années précédentes, de nombreuses comparaisons de substrats de cultures ont été réalisées mais il manquait celle entre la scorie de charbon et la fibre de coco. Mise en place mi-juillet, cette expérimentation semble confirmer l'absence de différence de comportement des plantes sur ces 2 substrats en premier cycle.

Maraîchage sur couverture végétale

Une comparaison de diverses couvertures du sol est initiée : sol nu, paillage plastique et couverture végétale à base de Braccharia decumbens.
Malheureusement, cet essai qui avait mal débuté avec des problèmes de qualité des semences de Braccharia a été détruit par le cyclone Dina.
Cette expérimentation sera renouvelée en 2002.

Méthode de lutte contre le flétrissement bactérien de la tomate (*Ralstonia solanacearum*)

En plein champ, la recherche de nouveaux porte-greffes n'a pas permis de révéler de nouvelles variétés tolérantes. Par ailleurs, en hors sol, ce thème fait l'objet d'un projet de recherche Cirad-Armeflhor dans le cadre du Pôle Protection des Plantes.

S. Simon

Publications et Thèses

Normand F., Habib R., 2001. Phenology of strawberry guava (*Psidium cattleianum*) in Réunion Island. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology,* 76, 541-545.

Normand F., Habib R., 2001. Nitrogen fertilisation induces floriferous flush in strawberry guava (*Psidium cattleianum). Agronomie*, 21, 735-742.

Urban L., Barthelemy L., Bearez P., Pyrrha P., 2001. Effect of elevated CO_2 on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rose plants grown at high temperature and high photosynthetic photon flux density. *Photosynthetica*, 39, 275-281.

Communications à congrès

Laskaridou-Monnerville A., Shum Cheong Sing A., Normand F., Massoji N., Decagny G., 2001. Characterization of Costa Rican guava (Psidium friedrichsthalianum Ndz) from Réunion Island. *Second colloque de la Recherche Scientifique de Maurice et de la Réunion*, 11-12/04/2001, Université Maurice-Réduit, Ile Maurice.

Normand F., Habib R., 2001. Application of an existing flowering model to the strawberry guava. Analysis of discrepancies between model and data. Communication présentée au *6th International Symposium on Computer Modeling in Fruit Research and Orchard Management*, 15-18/07/2001, Davis, USA.

Urban L., Bertheuil F., Lechaudel M., 2001. A coupled photosynthesis and stomatal conductance model for mango leaves. *International symposium on fruit crop modelling*. University of California-Davis, USA, 13-18 juillet 2001. 8 p.

Réunion annuelle Cirad Flhor. Septembre 2001. Montpellier

Jaffuel S., Jannoyer M. Analyse architecturale du manguier (*Mangifera indica*, cv Lirfa et José) à la Réunion. 5p

Jannoyer M., Lauri P.E. Régulation de la ramification végétative et florifère chez le manguier (*Mangifera indica cv Lirfa*) à la Réunion. 9p

Jannoyer M., Urban L.. Amélioration de la productivité et de la qualité des fruits : écophysiologie du manguier à la Réunion. 11p

Lechaudel M. Croissance et qualité organoleptique du fruit chez le manguier : analyse expérimentale et modélisation de l'effet de la disponibilité carbonée.

Normand F. L'approche filière: une nécessité pour le développement d'une nouvelle espèce fruitière de diversification à la Réunion.

Urban L., Lechaudel M., Jannoyer M. Premiers résultats du travail de modélisation des flux de carbone chez le manguier. 8p.

Rapport, poster, documents de vulgarisation

Dessane D., 2001. Contribution à l'étude écophysiologique de la fructification du manguier (*Mangifera indica L.* cv lrfa) à la Réunion. Mémoire de fin d'études, Istom, Paris, 75 p.

Frehaut, G., 2001. Etude de la composition biochimique de la mangue (Mangifera indica L. cv lrfa) en fonction de son stage de maturité. Rapport de stage, Université de technologie, Compiègne. 47 p.

Mialet-Serra I., Thaler P., 2001. Atp 11/2001 : Les réserves carbonées chez le cocotier, le palmier à huile, l'hévéa et le manguier : origines, dynamiques et conséquences pour la gestion des plantations., 17p

Urban L., Jannoyer M., 2001. Projets Scientifiques & Technologiques Franco-Australiens 2001 : Intégration d'outils descriptifs et d'analyse dans une perspective de modélisation du fonctionnement de l'arbre (application au manguier), Mae. 8 p

Document interne Cirad-Flhor Réunion

Cottineau J.S., Simon S., 2001. Tomates hors-sol : Influence de la fente de drainage sur l'absorption racinaire

Cottineau J.S., Simon S., 2001. Tomates hors-sol : Pilotage de l'irrigation fertilisante en culture hors-sol

Cottineau J.S., Simon S., 2001. Tomates plein champ : Pilotage de l'irrigation

Missions reçues

S. Jaffuel, Cirad-Amis Amap Montpellier, du 05/02/01 au 24/02/01 et du 04/08/01 au 27/08/01 : Suivi architectural du manguier à St-Paul

H. Sinoquet, Inra-Piaf Clermont-Ferrand, du 18/03/01 au 25/03/01 : Digitalisation et interception de la lumière chez le manguier

T. Goguey, Cirad-Flhor, Chef de Programme Arboriculture Fruitière, du 17/04/01 au 24/04/01

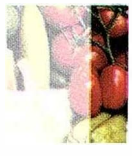
J.P. Gaillard, Directeur Cirad-Flhor, du 23/05/01 au 29/05/01

P. LU, chercheur du Csiro, Australie, du 14/11/2001 au 15/12/2001 - Flux de sève chez le manguier suivant des alimentations hydriques contrastées.

P.E. Lauri, Inra Bdppc, Montpellier, du 26/11/01 au 02/12/01 : Suivi et analyses des résultats des essais conduite de verger pour le manguier.

Missions effectuées :

Voyage d'études en France (grand sud) et en Espagne (10-24/03/01) – S. Simon Co-organisation Armeflhor, Fdgdec et Cirad. Accompagnement d'une quinzaine de maraîchers réunionnais : visites de groupements et de stations d'expérimentation et de recherche.



Agriculture durable, environnement et forêt

L'année 2001 constitue pour le pôle Agriculture durable, environnement et forêt une année de changements et de réorientations conformément à ce qui a été défini dans le cadre du nouveau contrat de plan. Cela s'est notamment traduit par :

- Une réduction des recherches sur les systèmes de couvertures végétales au profit d'activités liées à leur diffusion.

- L'arrivée sur le dispositif de deux nouvelles compétences :
  En droit de l'environnement axé, notamment, sur l'articulation des outils juridiques pour la gestion des écosystèmes.
  En systèmes d'informations pour, en particulier, la prospective agricole et l'évaluation des politiques publiques.

- L'émergence d'un nouveau projet permettant d'étendre la problématique de la gestion des déchets, déjà amorcée, aux effluents agro-industriels, et à l'évaluation des risques liés à l'épandage de déchets en mesurant notamment la capacité des sols à les recycler utilement et sans danger. Pour ce faire, un écologue et un géochimiste ont été nouvellement affectés dans notre pôle.

Ces nouvelles compétences accentuent le caractère pluridisciplinaire du pôle. Elles témoignent du renforcement et de la diversification de nos thématiques : De la gestion des ressources (biodiversité, eau, matière organique) au développement territorial. Ces recherches doivent contribuer à un diagnostic global et prospectif des dynamiques rurales, utile pour proposer des modes de gestion des ressources et d'aménagement des espaces agricoles et naturels, ainsi que des choix de politiques agricoles cohérents qui prennent en compte explicitement la multifonctionnalité et la durabilité des systèmes agricoles.

Le Padef structure ainsi ses actions de recherche au sein de quatre projets :
- la mise au point technique de systèmes de culture innovants (système sous couverture végétale et diversification),
- la gestion des exploitations, la dynamique des territoires ruraux et l'évaluation des politiques agricoles,
- la gestion des déchets organiques,
- la conservation de la biodiversité forestière et sa valorisation dans le cadre d'opération de génie écologique.

Vu le caractère intégrateur des recherches menées au Padef, des liens importants sont entretenus avec les autres pôles. Dans ce rapport, chaque projet propose une synthèse de ses activités, déclinée en opérations.

M. Piraux

Diversification et systèmes de cultures sur couvertures végétales

Les actions mises en œuvre dans ce projet visent à accompagner les processus techniques liés à la mise au point des systèmes sous couvertures végétales et à la diversification des productions afin d'améliorer la productivité des systèmes et le maintien de la fertilité des sols.

Mise au point et diffusion des systèmes de culture avec couvertures végétales

Dans les Hauts de la côte sous le vent de l'île de la Réunion, la culture du géranium rosat (*Pelargonium x asperum*) est confrontée à des problèmes de maintien de la fertilité des sols. L'abandon de la jachère, la pratique de la monoculture ou de rotations culturales maintenues en sol nu et une très forte sensibilité des andosols à l'érosion, ont abouti à la dégradation physique et chimique des sols et entraîné une forte diminution de l'activité biologique (macrofaune et microflore). Cela s'est traduit par une diminution sensible des rendements en huile essentielle. Pour y remédier, des essais relatifs à l'utilisation des couvertures végétales ont été installés. Ces dernières sont constituées à partir d'une biomasse importée (paille de canne à sucre) ou produite sur place à l'aide d'une espèce pérenne (*Stenotaphrum* sp.) cultivée en association avec le géranium. En comparaison avec la culture du géranium en sol nu, les résultats montrent une augmentation significative de la production à l'ha en biomasse aérienne ainsi qu'en essence obtenue après distillation. En parallèle, la biodiversité, la biomasse, la densité de la macrofaune du sol et l'activité de la microflore sont restaurées sous couvert végétal.

En culture vivrière, la limitation de l'enherbement par l'effet physique (ombrage) et chimique (allélopathique) des mulchs figure parmi les nombreux avantages des systèmes de culture avec couverture végétale. Deux notations d'enherbement (pendant et après le cycle du maïs) ont montré que le mulch réduisait le pourcentage de recouvrement par les adventices ainsi que la richesse floristique. Il exerce une sélectivité vis à vis des mauvaises herbes. Certaines comme *Raphanus raphanistrum* ou *Fumaria muralis* prédominent sur les parcelles paillées. D'autres comme *Galinsoga parviflora* et *Plantago lanceolata* sont réduites. D'autres comme *Gamochaeta purpurea* disparaissent. La production de maïs sur les parcelles avec mulch a montré une augmentation de 60% par rapport aux sols nus.

A. Chabanne

Analyse et gestion de la fertilité biologique des sols sous cultures

Le travail présenté ici s'inscrit dans le courant récent de l'écologie des sols qui met en avant le rôle de la pédofaune dans le fonctionnement des sols. Parmi les nombreux invertébrés du sol, une catégorie fonctionnelle particulière, les " ingénieurs écologiques du sol ", regroupe les espèces ayant la faculté de modifier leur milieu environnant (propriétés du sol, flux d'énergie et d'eau, condition de vie d'autres organismes) en produisant une variété de structures physiques appelées structures biogéniques (cavités, agrégats, buttes, etc.). Ces principaux invertébrés sont les fourmis, les termites et les vers de terre.

Les travaux en cours portent sur l'impact de certaines pratiques culturales sur les peuplements de la faune, sur les activités de la microflore et sur les paramètres chimiques du sol.

A- Une étude réalisée à Saint-Philippe portant sur l'évolution de la fertilité chimique et biologique en fonction des modes de gestion de la forêt secondaire (forêt non exploitée, partiellement exploitée, déforestation sélective ou mécanique) a montré sur deux saisons :

Au niveau biologique :

- diminution de biodiversité (groupe taxonomique) lorsque la déforestation est mécanique (on passe de 11 taxons étudiés à 4 sous des parcelles défrichées mécaniquement),

Tableau 1 : Densités (en nombre d'individu.m-2) et biomasses (en gramme.m-2) moyennes totales de la macrofaune du sol. Production de matière sèche du maïs (en tonne.ha-1). La même lettre dans la même ligne indique que la différence n'est pas significative (p< 0,05).

	Maïs soi:eu sans pesticides	Maïs soi:eu + carbofuran	Maïs sol nu + ethoprophos	Maïs soi:eu sans pesticides	Maïs soi:eu + carbofuran	Maïs loti + ethoprophos
Nombre de taxons	8	4	3	10	10	10
Densités	180 a	80 a	18 a	1648 b	755 c	690 c
Biomasses	1,87 a	1,99 a	0,178 a	27,45 b	16,52 c	22,11 bc
Production	11,3 a	9,4 a	9,8 a	14,5 b	11,5 ab	13,3 ab

- densités moyennes totales de la faune du sol plus élevées sous forêt non exploitée,
- biomasse des vers de terre représentant plus de 80% (jusqu'à 98%) de la biomasse moyenne totale de la macrofaune du sol.

Pour l'activité enzymatique (Ae) :

En hiver, l'Ae diminue sous forêt exploitée et sous parcelles défrichées de façon sélective. Elle se traduit par une diminution de l'activité phosphatique, renforcée sous déforestation mécanique. En été (janvier), même si l'activité enzymatique est plus importante qu'en hiver, nous observons les même différences entre les parcelles corrélativement à leur mode de gestion.

Au niveau chimique, on note une perte significative de la matière organique (C, N) quand la déforestation est mécanique, perte qui s'accentue dans le temps et selon la saison (plus importante en été). En parallèle, on observe une augmentation de l'azote total sous forêt non exploitée dans l'horizon superficiel et une accumulation de certains éléments chimiques (Ca, Na, P assimilable) dans l'horizon plus profond (10-20 cm).

B- Dans les Hauts de l'Ouest (Trois Bassins) les expérimentations ont pour but de vérifier l'impact des pesticides (carbofuran, ethoprophos) sur les peuplements de macro-invertébrés des sols dans les systèmes cultivés (maïs cultivé en sol nu et maïs cultivé avec une couverture de lotier). (tableau 1)

En sol nu et en présence de pesticides, on observe une perte de la diversité biologique.

Cette biodiversité est rétablie par la présence d'une couverture végétale.

L'utilisation de pesticides accentue l'effet du sol nu sur les densités de population de la macrofaune du sol. La couverture de lotier permet la restauration de ces densités. Néanmoins, les résultats obtenus sous lotier avec utilisation de pesticides montrent bien l'effet dépressif de ces derniers sur la macrofaune.

En parallèle, les biomasses moyennes totales sont significativement diminuées avec ou sans pesticides. La couverture permet de les restaurer.

La production de maïs fourrager est significativement plus élevée quand le maïs est cultivé en présence de la couverture végétale et sans pesticides.

J. Boyer

Diversification fruitière dans les Hauts humides

L'expérimentation pour la diversification des Hauts humides de la Réunion doit contribuer à leur développement en proposant aux agriculteurs des cultures différentes. Ces nouvelles espèces doivent être adaptées aux conditions éco-climatiques de la zone (forte pluviométrie, sols pauvres...) et sont susceptibles de permettre une valorisation des facteurs de production (sol et main d'œuvre). Elles doivent contribuer à améliorer l'équilibre économique des exploitations agricoles concernées par la diversification de leur système de production. La démarche consiste en la mise en place et l'entretien d'un réseau de parcelles expérimentales au sein d'exploitations agricoles pour mettre au point des itinéraires techniques adaptés et permettre l'acquisition de références techniques et économiques fiables sur la culture étudiée. Ainsi, des fiches techniques synthétisant les résultats sont réalisées et mises à jour en fonction de l'avancée des connaissances. L'opération s'inscrit dans diverses actions de vulgarisation. Elle contribue à la mise en place des nouvelles filières

Coronilles (Psidium friedrichthalianum) (T. Michels)

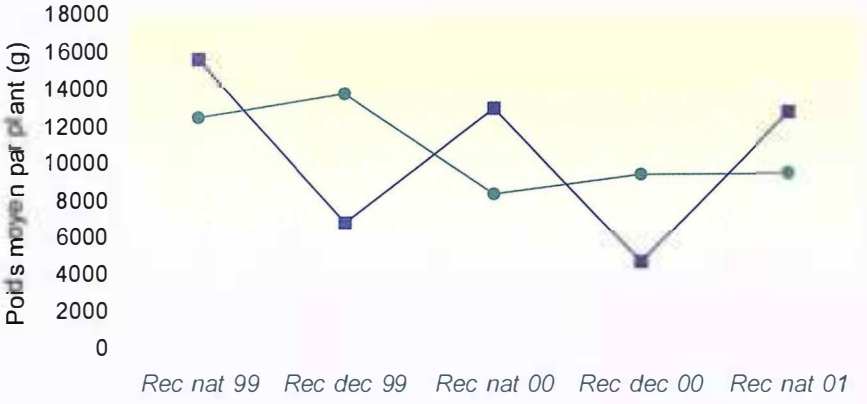


Figure 1 :
Effet de l'éclaircissage sur le poids moyen de fruit récolté par plant (plus grande régularité d'une récolte à l'autre sur les plants éclaircis)

Coronilles en cours de maturation (T. Michels)

Plantation de pejibaye (bactris gasipaes) (T. Michels)

par l'optimisation technique et économique de produits transformés de qualité ou l'identification de débouchés commerciaux tout en favorisant la structuration de filières existantes par un appui à toute forme d'organisation de la production (association de producteurs ...).

La coronille

Les actions au cours de l'année ont porté sur l'appui au développement de la filière. S'agissant d'un fruit nouveau, la démarche adoptée vise des projets susceptibles de faire connaître le fruit et les produits dérivés. Ainsi, une sensibilisation auprès de glaciers a permis de proposer sur le marché des glaces, sorbets et gâteaux glacés à base de coronille pure ou mélangée à d'autres fruits. Cette opération permet d'atteindre une clientèle de particuliers mais aussi de restaurateurs et d'hôteliers qui commencent à afficher ce nouveau parfum à leurs menus.

En partenariat avec un confiseur, le projet a participé à l'élaboration d'un procédé de préparation de confiture de coronille. A l'issue de l'essai, l'entreprise partenaire a adopté un procédé de fabrication optimisé sur les plans technique et économique, garantissant des produits de meilleure qualité.

Les palmistes

Le pejibaye, palmiste multipliant, présente, de par les qualités technologiques de son cœur (absence de brunissement après la coupe), une solution adaptée au développement du segment de la transformation. Son développement est entravé par la difficulté à multiplier le matériel végétal. Ce problème est en partie lié à un phénomène d'auto-incompatibilité au sein de l'espèce se traduisant par l'apparition de fruits parthénocarpiques (sans graine). Un essai de pollinisation manuelle croisée s'est soldé, début 2001, par un échec total (méthode lourde, résultats aléatoires). Deux solutions vont être étudiées : importation de graines à grande échelle et mise au point d'une technique de culture in vitro. Cela devrait permettre un développement rapide et durable de la culture du pejibaye à la Réunion ainsi que la sélection d'individus performants sur le plan agronomique.

L'étude de l'influence de la matière organique sur la croissance du palmiste rouge des Mascareignes montre un effet sensible sur la qualité de la production. Cet effet se traduit par des cœurs de taille plus importante lorsqu'un amendement organique est réalisé dans le trou de plantation.

Le goyavier-fraise

Les travaux ont porté sur la maîtrise de la qualité de la production. Un phénomène d'alternance dans la quantité et la qualité des fruits produits entre récolte naturelle et récolte déclenchée est généralement relevé. A une production naturelle caractérisée par une charge très importante avec des fruits de petit calibre et de qualité moindre (faible coloration, faible durée de conservation), succède généralement une récolte déclenchée de faible volume. Or, la récolte déclenchée est caractérisée par des fruits de qualité optimale (coloration intense, bonne conservation) et des débouchés commerciaux attractifs. Un essai d'éclaircissage a été réalisé sur la récolte naturelle de 1999. Il résulte de cet essai une amélioration de la qualité de la production naturelle en cours avec une augmentation du calibre des fruits et une diminution des coûts de récolte. De plus, on note une augmentation du poids de la production déclenchée suivante. Ce rééquilibrage en poids et qualité entre productions naturelle et déclenchée se répercute jusqu'au 5ième cycle de production (deux ans et demi) après l'unique éclaircissage pratiqué.

Economiquement, l'éclaircissage est amorti dès la fin de la première année (Figure 1).

T. Michels

Exploitations, territoires et politiques agricoles

Ce projet s'intéresse aux conditions d'un développement territorial cohérent. Celui-ci nécessite l'analyse des conditions de durabilité des exploitations familiales et leurs dynamiques collectives pour partager des ressources, accéder à des marchés ou occuper l'espace.

Il suppose d'évaluer l'impact de l'environnement économique global (marchés et filières, politique agricole).

Les recherches conduites portent sur les processus et les perspectives (i) d'adoption des innovations techniques, organisationnelles ou institutionnelles (Cte), (ii) de mise en œuvre des projets de développement locaux, (iii) de création de systèmes d'informations et (iiii) de valorisation de divers outils pour la gestion des écosystèmes et des ressources (foncier, eau).

Ces recherches intègrent donc différentes échelles de l'exploitation agricole au territoire régional.

Durabilité des systèmes de production et aide à la décision

En 2001, les activités du dispositif de recherche-développement des Hauts, menées conjointement avec l'Apr, se sont articulées autour de la multifonctionnalité de l'agriculture et des démarches territoriales des Cte.

Expérimenter une démarche territoriale au travers de la mise en œuvre d'un Cte : le cas de Cilaos

A la Réunion, le chais de Cilaos et l'Apr, sous l'égide du Cah, ont mis en place un projet de contrat territorial d'exploitation dans la zone du cirque de Cilaos. Sa finalité est de contribuer à la mise en place de systèmes agricoles durables à l'échelle du territoire et des exploitations.

Le Cirad a été sollicité pour apporter un appui en terme de méthodes et d'outils afin de construire un diagnostic territorial associant tous les acteurs impliqués. Ce diagnostic porte sur les conditions de maintien d'une agriculture de qualité, son impact sur le tourisme et sa dimension environnementale. Une analyse des stratégies des producteurs, un zonage à dire d'acteurs, une modélisation d'exploitations par le logiciel Olympe (Inra), une description des itinéraires techniques et une étude foncière ont permis d'élaborer des scénarios d'évolution prospectifs du territoire communal, liés notamment au développement de l'urbanisme.

Les porteurs du projet et le Cirad ont participé à la rédaction du programme d'action du Cte et à l'animation de deux séminaires associant une quarantaine de partenaires : acteurs locaux, organismes techniques et associations, acteurs institutionnels et élus.

Des rencontres périodiques avec la population ont été aussi importantes que l'accumulation de connaissances elles-mêmes qui ne sont jugées pertinentes que dans la mesure où elles résultent de choix formulés, compris et acceptés par les habitants. Ce travail a permis d'expérimenter une méthode d'animation et de diagnostic innovante, préalable à la mise en place d'un contrat territorial d'exploitation.

Un suivi et une évaluation de la démarche seront conduits prochainement et permettront de tirer des enseignements utiles aux autres porteurs de projet à la Réunion.

Etude de l'interaction entre agriculture et tourisme

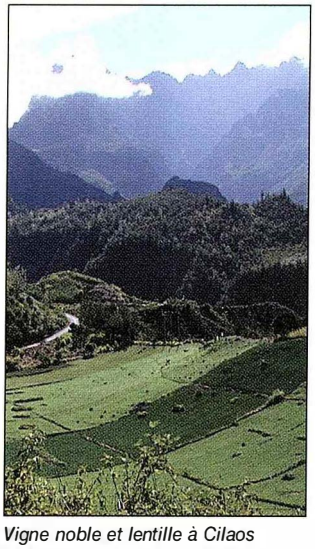
Une étude conduite sur l'axe routier de la Petite France au Maïdo visait à élaborer un diagnostic des interactions entre tourisme et agriculture.

Une grille de lecture a permis de rassembler les éléments des entretiens avec les agriculteurs, les prestataires touristiques, les institutionnels et les associations de quartiers. Les représentations des acteurs ont été privilégiées.

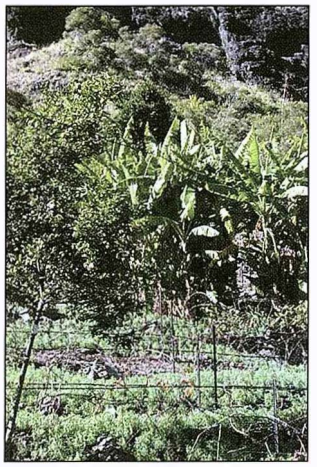
Les résultats montrent l'insuffisante intégration des enjeux de développement touristique par rapport à ceux de l'agriculture. L'état de réflexion et des préoccupations sur ces sujets est faible au regard du potentiel existant et des atouts que leur synergie constitue en terme de développement territorial.

Séminaire "Quelle agriculture demain à Cilaos?"

Travail en sous groupe lors du séminaire "Quelle agriculture demain à Cilaos ?"



Vigne noble et lentille à Cilaos



Champs de "lentilles de Cilaos"

Parcelle de canne et de maraîchage en zone diversifiée (petite île) du périmètre irrigué

Approche régionale de la multifonctionnalité de l'agriculture

Une étude commandée au Cirad par la Direction des politiques économique et internationale (Dpei) du Ministère de l'agriculture et de la pêche sur le thème "approche régionale de la multifonctionnalité de l'agriculture" a été lancée à La Réunion. Elle veut analyser l'impact observé dans des situations réelles, d'instruments de politique publique reconnaissant le caractère multifonctionnel de l'agriculture. Trois autres études sont menées conjointement par l'Inra et le Cemagref en métropole. Après discussion avec le Ministère et la Daf, il est proposé de centrer les travaux sur deux jointures particulières (d'une part, les relations agriculture - emploi et d'autre part les relations agriculture – environnement) et sur l'évaluation des instruments de pilotage en place à la Réunion (Cte et Ogaf).

Diverses actions en formation et en coopération régionale ont aussi été menées, notamment avec Rodrigues, Madagascar et Mayotte.

M. Piraux

Economie de l'agriculture irriguée

La question de la dynamique des systèmes de production agricoles irrigués est abordée à travers une modélisation économique des comportements des irrigants.

Il s'agit d'évaluer l'impact de changements d'environnement global technique ou économique sur les niveaux de production, la demande en eau et la valorisation économique de cette ressource, et enfin les revenus, facteur de pérennité des exploitations.

L'opération a commencé par une application aux deux grands périmètres du Bras de la Plaine et Bras de Cilaos en raison, d'une part, de leur ancienneté qui permet d'examiner les trajectoires des exploitations depuis l'installation de l'irrigation, et, d'autre part, de l'acuité des problèmes de rationnement de la ressource en eau dans le Sud.

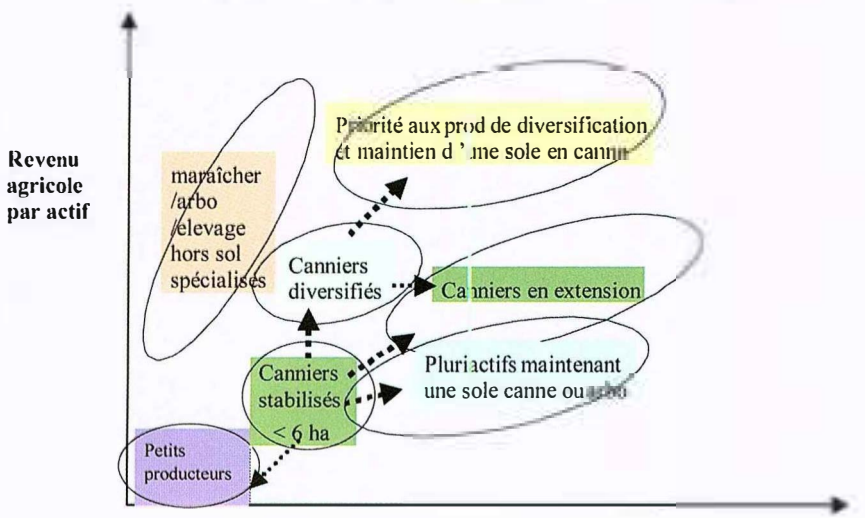
L'année 2001 a été consacrée à une première phase d'étude axée sur la caractérisation des périmètres irrigués et des exploitations. Une synthèse des connaissances acquises sur le milieu physique et socio-économique a d'abord mis en évidence des contrastes importants entre zones en termes de potentialités productives et de structures d'exploitation avec notamment l'impact localisé de la réforme foncière de la Safer.

Puis une analyse statistique des consommations d'eau par irrigant pour la période 1993-1999 a été conduite en collaboration avec la Saphir.

Trois points forts ressortent de cette analyse :

- la consommation en eau par hectare augmente régulièrement depuis une dizaine d'années sur les deux périmètres et semble dépasser plus ou moins largement le déficit climatique, traduisant une tendance à la sur-consommation,
- la consommation à l'hectare est très variable d'un irrigant à l'autre sans que cette variabilité soit totalement expliquée par des facteurs géographiques (milieu naturel) ou cultural,
- la consommation à l'hectare de la canne à sucre varie de 4000 à 15000 m3 /ha. Une grande variabilité de rendements est observée pour une même consommation en eau, traduisant à la fois les effets combinés des autres éléments de l'itinéraire technique (fertilisation, désherbage, lutte phytosanitaire) et le niveau de maîtrise de l'irrigation par les agriculteurs.

Figure 2 : **Typologie des systèmes de production irrigués sur les périmètres du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos**



Enfin, on a procédé à une enquête approfondie du fonctionnement et des perspectives d'évolution des exploitations irriguées. L'enquête a touché un échantillon de 75 irrigants couvrant la diversité des zones, structures et orientations productives des deux périmètres. L'objectif visé est la compréhension des diverses stratégies de production des exploitations à partir d'une mise en cohérence de leurs objectifs, moyens, contraintes et résultats. La figure 2 présente les sept grands types identifiés, sur la base des structures (surface par actif), stratégies (extension, diversification, intensification, déprise), et performances (revenu agricole par actif). Les relations entre type de système de production et mode d'irrigation ont été analysées.

L'équipement en matériel d'irrigation qui constitue un choix stratégique apparaît bien directement lié au type de système de production. La conduite de l'irrigation relève de facteurs plus complexes intégrant notamment les caractéristiques des cultures, le compromis entre équipement et main d'œuvre mobilisée et le niveau de maîtrise technique du matériel.

Les résultats de l'enquête ont été discutés et validés au cours de réunions avec l'ensemble des partenaires (Saphir, Daf, Chambre d'Agriculture, représentants des associations d'irrigants, Collectivités locales, Safer, agronomes Cirad). Les types ainsi identifiés serviront de base à la construction des modèles économiques.

JL. Fusillier

Evaluation de l'impact des productions agricoles sur l'économie réunionnaise

Cet axe de recherche mené en collaboration avec l'Insee est motivé par des interrogations sur la contribution des secteurs agricole et agro-alimentaire au développement économique de l'île de la Réunion. Quelle place occupent-ils dans le tissu économique et social de l'île en terme de valeur de la production, de valeur ajoutée, et de revenu distribué ? Quelles sont la nature et l'intensité des liens amont et aval entre agriculture, agro-alimentaire et autres secteurs d'activité ? La réponse à ces questions est approchée grâce à la construction d'une matrice de comptabilité sociale pour La Réunion. Un outil a été développé au cours de l'année sous la forme d'une base de données permettant de disposer d'une structure de matrice malléable, adaptée à plusieurs découpages de l'économie régionale en fonction de la problématique étudiée. Un jeu de données, relatif à l'année 1998, a commencé à être mobilisé pour analyser les effets d'entraînement des filières sucre et productions animales.

JL. Fusillier

Accès au droit et articulation des outils juridiques pour la gestion des écosystèmes

La participation de la société civile s'impose désormais aux décideurs, tant dans le domaine de l'aménagement du territoire que dans la gestion de la biodiversité (diversité génétique, des écosystèmes et des espèces). Cette perspective implique une reconsidération de certains outils juridiques existants (labels, outils de protection des espaces naturels et des espèces...), la mise à disposition d'outils juridiques novateurs (Cte, Plu...) et la recherche d'autres outils juridiques mieux adaptés aux spécificités insulaires dans un contexte de mondialisation croissante. Pour aborder ces questions, la recherche-action est privilégiée car elle favorise les interactions entre les instituts de recherche et les opérateurs de développement pour la viabilité des actions engagées. Trois axes de travail ont été identifiés au sein de cette nouvelle opération : l'étude voire la réorientation des stratégies foncières pour une gestion intégrée des écosystèmes ; la promotion de l'accès au droit de l'environnement pour l'efficience des normes et leur appropriation par l'ensemble des acteurs concernés ; la pertinence du recours à l'outil contractuel dans le domaine de la gestion de la biodiversité et des connaissances qui lui sont attachées.

S. Aubert

Système d'information pour la prospective du secteur agricole et l'évaluation des aides publiques

Opération nouvelle en 2001, ce projet répond à une demande spécifique du comité de pilotage de la canne à sucre. Partant d'une réflexion sur la filière, il a pour finalité l'élaboration d'un outil de diagnostic et d'aide à la décision pour les décideurs publics du développement rural et agricole. En 2001, les contacts avec les différents partenaires ont été pris afin de bien définir les objectifs alloués à l'opération. Parallèlement, un projet d'atelier pluri-institutionnel sur le thème " quelles informations pour le développement territorial " est entré rapidement en préparation. Proposé en avril 2002, il invite les partenaires à une réflexion à l'échelle régionale sur le thème de l'information. En terme de coopération régionale, une mission a été effectuée à Mayotte en appui à l'équipe locale du Cirad pour un diagnostic sur la place et le rôle de l'agriculture à Mayotte.

C. Martignac

Gestion des déchets organiques

L'équipe "Gestion des déchets organiques" (Gdor) vise l'aide à la gestion des flux de biomasse et des transferts de fertilité en agriculture à l'échelle de territoires. L'approche principale privilégie des modèles de simulation à partir de l'analyse des pratiques et d'expérimentations agronomiques pour l'aide à la gestion des systèmes de production. Il s'agit donc d'une approche ascendante, pluridisciplinaire, qui implique de recourir à un large éventail de collaborations externes. Elles sont menées dans le cadre de partenariats établis avec des laboratoires universitaires (notamment de l'université de la Réunion) et des équipes de l'Inra et du Cirad.

Modélisation et simulation des flux de matières organiques

Modélisation conceptuelle des pratiques de gestion des effluents d'élevage

A partir de la connaissance acquise lors d'enquêtes en exploitations réalisées par l'équipe Gdor depuis 1995, une modélisation conceptuelle de la gestion des effluents d'élevage à la Réunion a été réalisée. Elle regroupe l'ensemble des paramètres structurels et des règles de gestion correspondant aux différents modules fonctionnels permettant de décrire la gestion des effluents d'élevage dans une exploitation : production, évacuation - stockage, épandage, transformation, import-export. Un exemple de représentation diagrammatique est donné à la figure 3. Ce travail, qui constitue une synthèse des pratiques des agriculteurs en matière de gestion des effluents d'élevage dans les exploitations réunionnaises, a été réalisé en collaboration avec C. Aubry (Inra-Sad/Ird, Tananarive) et J.-M. Paillat (Cirad/Inra, Rennes).

Simulation des flux intra-exploitation

S'appuyant sur cette modélisation conceptuelle, un modèle de simulation, Magma, a été développé. Il permet de simuler différents scénarios de gestion des effluents. Magma est basé sur une approche relevant des " systèmes dynamiques hybrides " (intégrant à la fois des variables à domaine de valeurs continu et discret) sur lesquels un rapport bibliographique a été réalisé. Des scénarios de simulation peuvent être élaborés, en assignant des valeurs aux paramètres d'entrée du modèle représentant les caractéristiques structurelles de l'exploitation (nature et taille des élevages, assolement et surfaces cultivées, capacités de stockage de

Mo, équipements disponibles, distances, etc.) et les caractéristiques de gestion (attribution des effluents aux cultures, calendriers d'épandage, modalités de chantier, doses d'apport, règles de pilotage, etc.). Les critères d'évaluation d'une bonne gestion sont la minimisation des risques environnementaux (flux de débordement de stock, épandage sur friche, surfertilisation des cultures), la minimisation des coûts (temps de travaux), la maximisation de la valorisation agronomique des effluents (satisfaction des besoins des cultures) ou le respect de contraintes réglementaires (normes d'épandage). Les simulations effectuées permettent de comparer différents scénarios de gestion entre eux (cf. exemple à la figure 4).

Compte tenu de l'état avancé de Magma, il est prévu de démarrer en 2002 sa validation pour l'aide à la décision auprès d'utilisateurs extérieurs (conseillers agricoles).

Simulation des flux inter-exploitations

Des améliorations ont été apportées au système multi-agents Biomas développé en collaboration avec l'Iremia (Université de la Réunion) : portage sous la version 4.1 de la plate-forme Geomas, optimisation des performances de simulation par introduction d'un pas de temps variable, amélioration du couplage aux bases de données et de l'interface.

La mise au point du couplage du logiciel sous Windows des applications Cormas/ VisualWorks et Magma/Vensim a été réalisée ainsi qu'un modèle de transfert d'effluents inter-exploitations (Mens). L'intégration des modèles Mens et Magma dans la plate-forme Cormas a donné naissance au système multi-agents MagmaS. Des tests de simulation portant sur différents modes de relation entre agents ont été effectués.

Approche économique de la gestion des effluents d'élevage à la Réunion

Cette approche visant à l'analyse du comportement des acteurs agricoles en présence de différents instruments de politique environnementale (redevances, subventions) a été initiée en 2001 en collaboration avec S. Farolfi (Cirad-Tera, Montpellier) et S. Ferrari (Ceresur, Université de la Réunion).

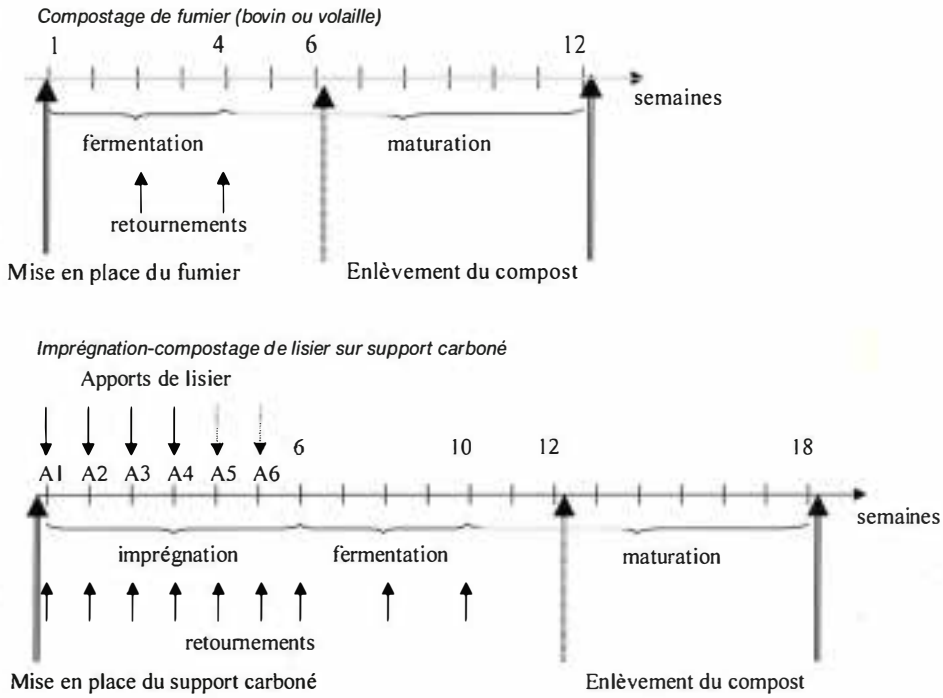


Figure 3 : Positionnement temporel des interventions dans deux cas de transformation d'effluents d'élevage en compost

Elle a comporté :

- l'inventaire et la synthèse des textes juridiques portant sur la gestion des effluents d'élevage et les contraintes pesant sur leur application à la Réunion;
- l'évaluation des coûts de gestion individuels et collectifs des effluents, notamment dans le contexte de la localité de Grand-Ilet ;
- la réalisation d'un modèle multi-agents, Echos.

F. Guerrin (Inra)

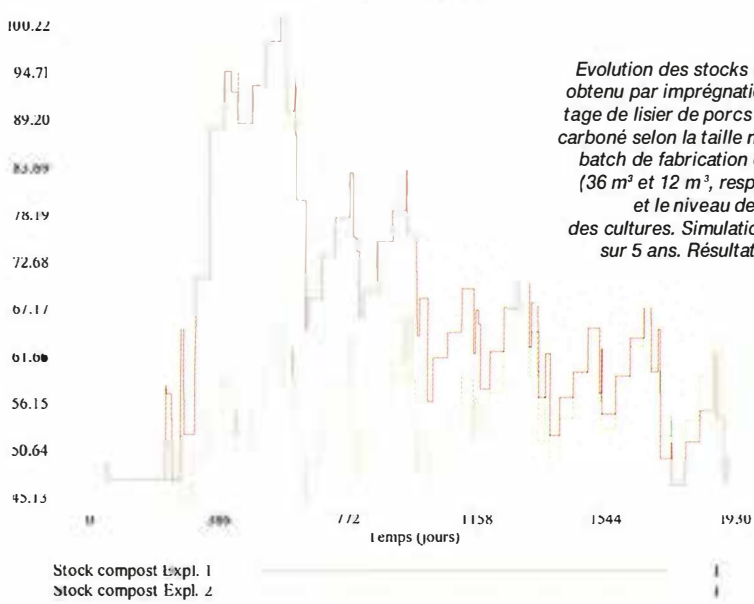
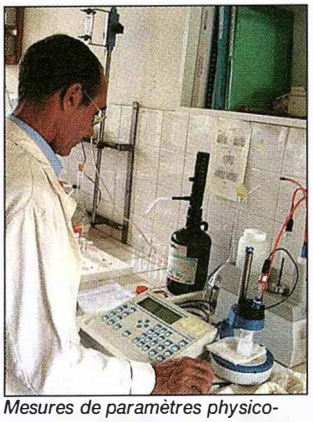


Figure 4 : Evolution des stocks de compost obtenu par imprégnation compostage de lisier de porcs sur support carboné selon la taille maximale du batch de fabrication de compost (36 m³ et 12 m³, respectivement) et le niveau de fertilisation des cultures. Simulation effectuée sur 5 ans. Résultats en tonnes

Fosse pédologique destinée à l'observation du sol avec la profondeur et à l'installation de dispositifs de mesure au champ



Mesures de paramètres physico-chimiques par titration automatisée

Epandage de vinasses de distillerie sur mulch de canne à sucre (F.Feder)

Risque environnemental et gestion agronomique

Ces recherches visent à évaluer la qualité agronomique des produits organiques venant des déchets issus des villes, des industries ou des activités agricoles, ainsi que le potentiel du système sol-plante à recycler, valoriser et épurer ces produits.

Caractérisation des produits

Pour caractériser correctement des produits, nous utilisons des méthodes spécifiques et des tests de laboratoire qui rendent compte du comportement des produits organiques dans les différents sols. Les résultats obtenus sur 9 produits très différents montrent la très grande variabilité des comportements des effluents, composts, boues, dans différents types de sol. Ils peuvent être classés en 3 groupes : les produits peu réactifs, entraînant une faible minéralisation, dont le rapport C/N donne une orientation très globale ; les produits très réactifs qui minéralisent beaucoup d'azote et pour lesquels le C/N et la fraction soluble sont de bons indicateurs, et les produits très réactifs qui organisent l'azote et pour lesquels le C/N très élevé est un bon indicateur.

Huit sols caractéristiques des zones de culture de l'île ont été choisis et étudiés dans le détail. Les 8 sols ont subi une série d'analyses et de tests au Cirad et à l'Inra en 2000 et 2001.

Les principaux résultats sont :

- il existe de fortes corrélations entre les minéralisations du C et de N. Les corrélations entre les flux de minéralisation de N, la teneur en N total et la teneur en matière organique (Mo) sont significatives. La taille du compartiment de l'azote minéralisable est donc proportionnelle à la quantité totale de Mo du sol.
- des ajustements à des fonctions de modèle bicompartimental (qui différencie un compartiment facilement minéralisable et un compartiment plus stable) ont été testés. Pour C, la minéralisation est essentiellement expliquée par la phase exponentielle du modèle. Pour N, les cinétiques sont plus complexes, car certains sols ont une phase exponentielle inexistante (compartiment labile) et d'autres sols ont une phase linéaire nulle (compartiment stable).
- d'une façon générale, les andosols qui contiennent beaucoup de Mo ont un fort pouvoir de minéralisation en C et N, qui peut être le triple de ceux des sols bruns et des sols ferrallitiques. Le vertisol présente un fort pouvoir de minéralisation malgré des teneurs en Mo peu élevées. Cette particularité avait déjà été mise en avant dans un travail précédent (1990).
- les analyses des minéraux ont mis en évidence les fortes teneurs de certains sols en deux éléments traces métalliques (Etm) donnés comme toxiques : le chrome (sous certaines formes) et le nickel. Une recherche documentaire a montré que ces éléments étaient liés au fond géochimique volcanique et provenaient de l'altération de l'olivine, présente en forte proportion dans certains basaltes basiques. Nous n'avons pas retrouvé ces éléments en quantité anormale dans des échantillons de canne à sucre prélevés sur les sols analysés et présentant des fortes teneurs. Il y a donc une grande probabilité pour que ces métaux soient relativement peu mobiles dans le sol.

Recyclage des vinasses de distillerie

L'étude de l'intérêt agronomique et du risque environnemental lié au recyclage de vinasses de distillerie a débuté en 2001.

Les vinasses peuvent en effet, sous certaines conditions, être épandues sur les cultures. Les premières observations ont porté sur la variabilité des caractéristiques de la vinasse au cours de la saison de distillation. Il s'avère que les vinasses sont des produits dont la composition évolue peu au cours de la saison de production et lors des stockages. Les principaux composants de la vinasse sont le potassium, qui peut présenter un risque environnemental dans certains sols, et une partie organique dont l'étude fine va être entreprise dans le cadre d'une action thématique programmée du Cirad (Atp) sur les effluents agro-industriels qui a débuté en 2001. Des essais d'application de vinasses en milieu contrôlé ont par ailleurs été mis en place.

H. Saint Macary et P.F. Chabalier

Biodiversité forestière et génie écologique

L'année 2001 constitue la deuxième année du passage des activités de recherche du domaine forestier cultivé vers les formations forestières naturelles, dans un contexte d'évaluation des capacités de maintien et d'évolution de leur diversité biologique.

Reproduction des plantes indigènes

Partant de l'examen du matériel reproducteur d'une soixantaine d'espèces indigènes, cinq types biologiques de semences ont été définis, caractérisés plus par des traits relatifs aux fruits et à la dispersion des semences que par les attributs des graines elles-mêmes.

L'écologie de la germination a été étudiée sur une vingtaine d'espèces, permettant d'identifier la température optimale de germination qui peut varier sensiblement d'une espèce à l'autre mais toujours en fonction de l'écologie et de la position de la plante dans la succession végétale.

Sur la base des résultats précédents, des groupes fonctionnels du point de vue de la germination et de la colonisation des milieux naturels ont été mis en évidence. C'est ainsi qu'en forêt humide de basse altitude, par exemple, les espèces pionnières germent à une température relativement fraîche (15-20 °C.), rapidement et de façon synchrone, tandis que la germination des espèces climaciques nécessite une température plus élevée (20-25°C.), s'étale dans le temps tout en présentant une distribution multimodale (figure 5).

La mise au point de techniques de facilitation de la germination pour la production de plants d'espèces indigènes a été poursuivie, montrant en particulier l'effet inhibiteur du péricarpe des fruits charnus, qui peut minorer la capacité germinative de 50 % (Petit Natte), voire 75 % (Bois d'osto). Sept nouvelles fiches techniques ont été établies, portant chacune sur la production en pépinière d'une espèce particulière.

L. Schmitt

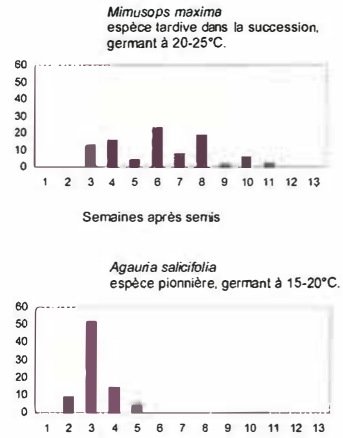


figure 5 : stratégies de germination en forêt humide de basse altitude.

Diagnostic et génie écologique

Pour lutter contre les pestes végétales qui menacent fortement la remarquable mais fragile flore de l'île, il est nécessaire au préalable de caractériser la dynamique et l'invasibilité des écosystèmes forestiers. Ce travail a débuté par une modélisation de la végétation indigène réunionnaise en fonction des gradients écologiques principaux.

L'utilisation de ce modèle, confronté aux données Cirad-Forêt antérieures, permet de caractériser des groupes fonctionnels du point de vue de l'écologie de la germination en situation de colonisation des milieux naturels.

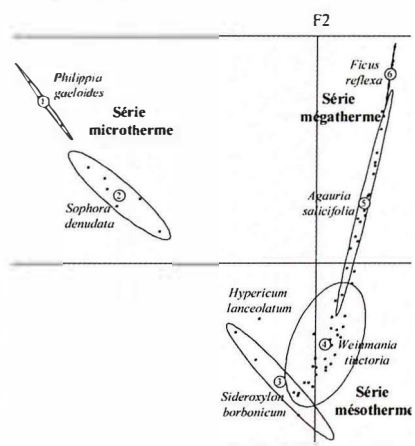
Cela va des espèces pionnières caractérisées par des graines peu longévives et nécessitant de la lumière (*Agauria, Philippia*...) à des espèces tardives pouvant germer à l'obscurité (*Mimusops, Labourdonnaisia*...) et des espèces de fin de succession (*Calophyllum*...) avec des semences disposant de grosses réserves, pouvant germer et se développer à l'obscurité.

Pour élaborer des critères d'invasibilité des milieux forestiers, il a été procédé à la mise en relation des invasions avec la richesse en espèces indigènes du milieu. On a pu observer que l'invasibilité croît avec la richesse du milieu, puis chute au delà d'un seuil d'environ 20 espèces. Ces relevés mettent en évidence une variation en cloche de la biodiversité de la flore indigène, avec un palier à mi-altitude (environ 1800 m).

De façon plus pratique, des études et expérimentations en faveurs d'opération de restauration écologique ont commencé en 2001 : en forêt des Makes, des placettes envahies par le longose (*Hedichyum gardnerianum*) ont été débarrassées manuellement de cette plante, et on a pu y suivre la régénération naturelle. Certaines placettes traitées apparaissent déjà plus riches que les parcelles témoin, mais il est nécessaire de poursuivre cette opération, pour juger du bien fondé de cette technique.

J. Tassin

Longose : belle mais envahissante (J.Tassin)



Modélisation de la végétation réunionnaise.

PADEF : Publications / Communications / Rapports / Articles /

Publications et thèses

Babin D., Andriantsilavo F., Aubert S., Pechard G., Bourgeois C., Bechaux E., Ramanonjisoa Ranaivoson L., Joly H. 2001, "Methods of rapid appraisal for in-intu management of genetic resources : a malagasy tools", *Genetic Selection Evolution*, n°33, suppl. 1, pp. 513-535.

Fusillier J.-L., Dalphin A., Nef A. L'agro-alimentaire : des industries dynamiques confrontées aux importations. *Economie de la Réunion* n°107, Insee, 1er trim 2001, p2-6.

Guerrin F. 2001. Magma: A model to help manage animal wastes at the farm level. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33(1): 35-54.

Hélias A., Guerrin F., Lopez P., Steyer J.-P. 2001. Simulating management policies on stock supplied by multiple production units: application to a pig slurry treatment plant. *Efita 2001, 3rd Conf. of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment*, Symposium Sequential Decision under Uncertainty in Agriculture, Food Industry and Environment, Montpellier (F), June 18-21, paper # 103, 6 p.

Guerrin F., Ranaivosolo P.W. 2001. Managing the supply of a slurry treatment plant by means of a hybrid dynamical system. *ICAA 2001, 2nd IFAC-CIGR Workshop on Intelligent Control for Agricultural Applications*, Bali (Indonesia), August 22-24, pp. 134-139.

Martin M., Piquet E., Lepage C., Guerrin F., 2001. MagmaS: a multi-agents system based on dynamical models coupling; application to animal wastes management. In: *N. Giambiasi & C. Frydman, ESS'01, 13th European Simulation Symposium, Simulation in Industry, Multi-agent based Modeling and Simulation Workshop*, Marseille (F), October 18-20, pp. 881-884.

Piraux M., Guilluy D, Saqué C. Action collective et coordination locale dans le cadre d'une approche multifonctionnelle : le cas de la mise en place du CTE de la Commune de Cilaos. *Séminaire sur la multifonctionnalité*, Montpellier, sept. 2001.

Communications à congrès

Séminaire "Préservation et valorisation de l'eau dans le domaine littoral" Université de la Réunion. Juin 2001

Farolfi S., Le Page C., Tidball M., Bommel P., 2001. *Gestion d'effluents d'élevage à l'île de la Réunion ; analyse du comportement économique des acteurs par un système multi-agents.*

Fusillier J.-L., Saqué C. *Stratégies de production agricole et demande en eau d'irrigation. Une approche de la diversité des irrigants sur les périmètres hydro-agricoles du Sud de l'île de la Réunion.*. 13 p.

Piraux M., Perret S. *La gestion des retenues collinaires dans les exploitations des Hauts de l'Ouest de l'île de la Réunion.* 13 p.

Andriamasinoro F.H., Piquet E., Courdier R. 2001. Enhancing a multi-agent system performance: from implementation to simulation analysis. *AgentGrid'01, Ieee Int. Symp. on Cluster Computing and the Grid*, Brisbane, Australia, 16-18 May 2001.

Rapport, posters, documents de vulgarisation

Aubry C., Paillat J.-M., Guerrin F. 2001. *Modélisation conceptuelle de la gestion des effluents d'élevage à la Réunion.* Rapport n° 16/01, Cirad-Tera/Ere, La Réunion, 58 p.

Caisso M., 2001. *Analyse des coûts de gestion individuels des effluents d'élevage à la Réunion - Le cas de Grand-Ilet.* Rapport de Dess Economie et Environnement, université de la Méditerranée, Aix-Marseille II, 55 p.

Chabalier, P.F. 2001. *Agrede : compte rendu final du programme d'étude mené à la Réunion en 2000 et 2001.* Cirad, 15 p.

Chabalier, P.F. 2001. *Etude de la capacité épuratoire des sols à la Réunion, caractérisation de 5 produits organiques*, Rapport Cirad-Mvad, 35 p + ann.

Chabalier, P.F. 2001. *Fond géochimique des sols à la Réunion*, Cirad, 14 p.

Chabalier, P.F. 2001. *Le phosphore dans les sols à la Réunion*, Cirad, 4 p.

Clouet Y, Guilluy D., Piraux M, Aubert S., Saqué C. *Organisation et évolution du territoire. Une approche par "zonage à dire d'acteurs".* Cirad-Tera, 66/01.

Clouet Y., Piraux M., Guilluy D. *Une expérience de formation aux problèmes environnementaux.* Cirad-Tera, 79/01.

Copette N., 2001. *Mesures juridiques concernant la gestion des effluents d'élevage à la Réunion : des contraintes au comportement économique des producteurs?* Rapport de Dess Sciences et gestion de l'environnement tropical, Université de la Réunion, Saint-Denis, 116 p.

Fernandez, C. 2001. *Cinétique de minéralisation du carbone et de l'azote sur sols de la Réunion.* Mémoire de fin d'études Istom, Cirad ; 66 p + ann..

Florentin B.-V., 2001. *Identification expérimentale des paramètres déterminant les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote après apport de lisier.* Mémoire de DEA Biosphère continentale : Sols, Ecosystèmes, Atmosphère, Ina-PG, Paris VI, Ens, Paris, 47 p.

Gapihan B. *Analyse statistique de la consommation en eau agricole sur les périmètres irrigués du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos.* Rapport de projet Dess Mqme, Université de la Réunion, mars 2001. 21 p + annexes.

Guerrin F., Le Page C., Muller J.-P. Paillat J.-M., Piraux M., Torquebiau E., 2001. *Modélisation d'interactions pour l'étude de la viabilité des anthroposystèmes à l'île de la Réunion (Maeva).* Document de travail pour l'élaboration d'un programme de recherche. Rapport Cirad-Tera/Ere, La Réunion, 13 p.

Guilluy D, Piraux M., Saqué C, Vanpouille M. *Typologie des exploitations agricoles dans le cirque de Cilaos*, Cirad/Apr, 07/2001.

Hélias A., 2001. *Présentation des systèmes dynamiques hybrides ; application à la gestion des effluents d'élevage.* Rapport Cirad, équipe Gdor, La Réunion, 30 p.

Neveu C. *Guide de conception d'une matrice de comptabilité sociale sous Access 97.* Exemples d'application à l'île de la Réunion. Cirad Montpellier. 81 p.

Neveu C., Benoit-Cattin M., Fusillier J.-L., Morando M. 2001. *Conception d'une Matrice de Comptabilité sociale pour évaluer la contribution des secteurs agricole et agro-alimentaire à l'économie réunionnaise.* Cirad-Tera n°72/01. 41 p.+ ann.

Piquet E., Le Page C., 2001. *Couplage des logiciels VisualWorks et Vensim sous Windows : Dde ou Dll ?* Rapport Cirad-Tera n° 18/01, juin 2001, La Réunion, 14 p.

Raux, S., 2001. *Caractérisation des déchets organiques sous climat tropical à la Réunion.* Mémoire de fin d'études Esa Angers, Cirad, 70 p et annexes.

Saint Macary H., Montange D., 2001. *Support mission to Doras (Development oriented research on agricultural systems).* 1. Urban waste composting. 2. Agro-industrial waste composting. Mission to Thailand. 12 to 20 september 2001. Cirad Annual Crops Department Report, 6p + ann.

Talem X. *Typologie des systèmes de production du périmètre irrigué du Bras de Cilaos.* Mémoire Dat, Cnearc, Montpellier, octobre 2001. 90 p + ann.

Elevage

L'un des temps forts de l'année 2001 a été la tenue du Conseil scientifique du pôle, du 17 au 21 avril. Composé de personnalités scientifiques extérieures de premier plan, il se réunit tous les 2 ans depuis 1995, pour évaluer la qualité scientifique des travaux de notre équipe mixte Inra-Cirad. C'est également un lieu de discussion avec nos partenaires des résultats et des orientations de nos travaux de recherche et de développement.

Le Conseil a manifesté sa satisfaction de voir se concrétiser les orientations exprimées les années précédentes, parmi lesquelles, le démarrage d'une opération centrée sur la qualité du lait à la production et d'un projet ciblé sur les autres productions de ruminants, caprins et cervidés. En outre, il a salué la montée en puissance des travaux sur l'économie des exploitations qui s'est traduit notamment par l'affectation d'un chercheur en post-doc et d'un zootechnicien dans le cadre de l'opération de modélisation du fonctionnement technique et économique de l'élevage bovin. Ces arrivées successives donnent une forte consistance à cette opération, montée en parfait partenariat avec les organismes d'encadrement des filières bovines et les collectivités locales. L'appartenance d'origine du zootechnicien au département Systèmes Agraires et Développement (Sad) de l'Inra vient en outre enrichir les liaisons déjà fortes entre le Cirad et l'Inra, au travers du département Elevage et Nutrition des Herbivores.

L'étude des élevages de caprins et de cervidés a pris forme en 2001 au sein d'un projet bien individualisé touchant à la diversification des productions animales. Si les cerfs, utilisateurs de pâturages, ont toujours intéressé les chercheurs du pôle, les activités en matière de caprins n'ont réellement débuté qu'en 2000 avec la mise à la disposition par la fédération réunionnaise des coopératives agricoles (Frca) d'un Vat qui a réalisé une typologie des exploitations. Le redéploiement au sein du pôle d'une technicienne vers cette thématique nous permet d'aborder cette filière de manière plus affirmée. Par la continuité de ses activités dans les domaines sur lesquels il est reconnu et par la mise en place de nouvelles opérations qui ont été identifiées avec ses partenaires, le pôle Elevage continue d'afficher une lisibilité de ses compétences sur les productions animales réunionnaises.

Ses relations privilégiées avec les différents acteurs du monde rural à la Réunion lui permettent d'optimiser ses actions, afin que les résultats de sa recherche se traduisent en opérations concertées de développement et puissent bénéficier en premier lieu à l'éleveur réunionnais.

P. Grimaud

Troupeau allaitant sur paturage

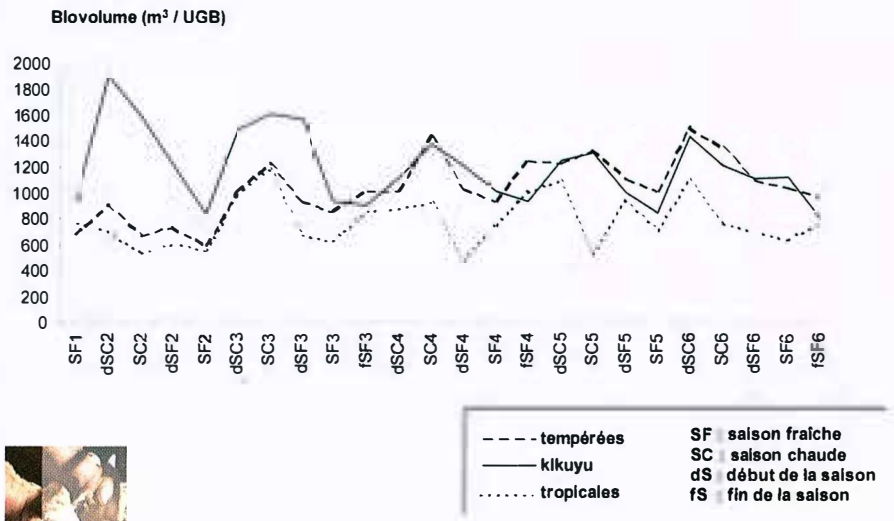
Durabilité des systèmes d'élevage bovins

Alimentation et amélioration des performances zootechniques

Six années de suivi de gestion raisonnée des prairies

Le suivi que pratique le Cirad conjointement avec l'Uafp dans les élevages sur pâturage reste opérationnel dans près d'une centaine d'exploitations. Son objectif était double : lisser les courbes de production de biomasse tout en assurant un stock herbager sur pied de saison fraîche suffisant. La composante animale est prise en compte en suivant l'évolution des biovolumes, exprimés en m³/Ugb, qui traduisent le disponible fourrager des animaux, sur pied ou fauché (figure 1). En début de suivi, la forte croissance du kikuyu en saison chaude entraîne une sous-exploitation des prairies: les biovolumes, proches de 2000 m³/Ugb, sont 10 fois supérieurs à ceux préconisés en élevage métropolitain. Après 6 années de conseil en gestion de prairies, les pics de saison chaude ont diminué, alors que dans le même temps les minima de saison fraîche ne variaient pas. L'évolution observée sur les prairies de graminées tempérées n'est pas la même. De 1995 à 2000, c'est l'ensemble des points de la courbe qui a augmenté, aussi bien les pics de saison chaude que les minima de saison fraîche. En conséquence, les moyennes des stocks fourragers sur pied des graminées tempérées augmentent d'année en année. La forte croissance du kikuyu en saison chaude a pu être limitée par une diminution de la fertilisation et une mise en défens de certaines parcelles. Pour les graminées tempérées, une augmentation harmonieuse de la production de biomasse en toute saison a été rendue possible par des pratiques de fertilisation raisonnées en fonction du climat. Le transfert d'une partie de l'excès d'herbe de la saison chaude vers la saison fraîche, sous forme de stock sur pied ou d'ensilage en balles rondes enrubannées, permet un report fourrager adopté à présent par un nombre croissant d'éleveurs. De telles pratiques, qui évitent une sous exploitation des fourrages prairiaux en saison chaude et humide, empêchent en outre le développement d'espèces envahissantes. A l'issue du suivi, les courbes de valeurs des biovolumes des graminées tempérées et du kikuyu finissent par se juxtaposer. Malgré une exploitation de ressources fourragères de nature et de comportement différents, les éleveurs bovins réunionnais ont adopté un mode similaire de gestion de leur parcellaire. Cependant, les volumes d'herbe rapportés à la charge animale dans les élevages restent systématiquement supérieurs aux valeurs de référence, mettant en évidence une exploitation très extensive de la ressource fourragère.

Figure 1 :
Mesures de biovolume de 1995 (année 1) à 2000 (année 6)

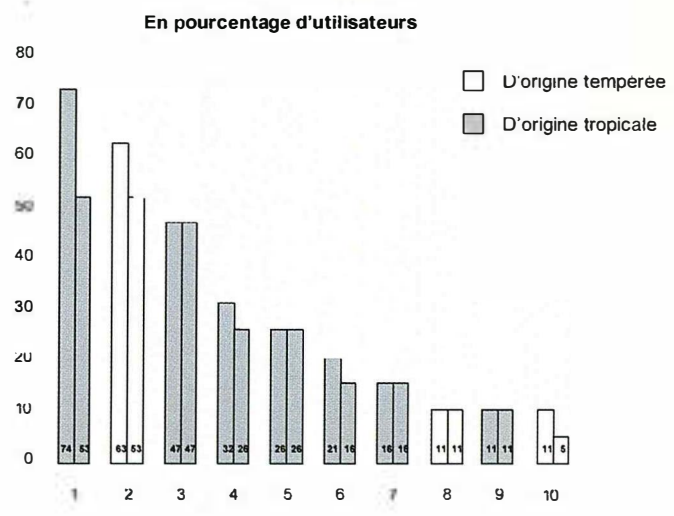


Le recours à d'autres formes de présentation du fourrage en élevage laitier

Les prairies assurent l'essentiel de la production fourragère destinée à l'alimentation des bovins de la Réunion. L'affouragement en vert est un mode de distribution du fourrage qu'ont également choisi certains éleveurs de vaches laitières ou d'animaux d'engraissement. Dans le Sud de l'île, c'est la canne fourragère et la canne à sucre, hachées, qui forment la base des régimes alimentaires. Mais, de plus en plus, les éleveurs préfèrent fonder leur système d'alimentation sur les fourrages

conservés. Dans 19 exploitations laitières représentatives des divers systèmes de production laitiers, la nature des rations alimentaires et la part prise par les fourrages conservés ont été évaluées. La figure 2 représente l'histogramme des fréquences d'utilisation des fourrages selon leur mode de distribution. La majorité des éleveurs a recours aux fourrages conservés, avec une très large part des graminées tropicales : 3 sur 4 utilisent de la paille de canne à sucre en saison fraîche, 1 sur 2 en saison chaude, et près de la moitié des exploitants propose du foin de chloris aux animaux tout au long de l'année. Dans les élevages laitiers, foin de chloris et paille de canne à sucre font partie intégrante du régime alimentaire des animaux. Acheminés à partir des Bas, ces fourrages secs sont à présent autant utilisés pour favoriser la ruminations de l'animal que comme complément de saison fraîche. La majorité des exploitants propose du fourrage sous forme d'ensilage en balle ronde enrubannée, quelle que soit la saison.

Figure 2 :
Fréquence d'utilisation des fourrages dans les exploitations laitières. (barre de gauche : saison fraîche, barre de droite : saison chaude)



1- Paille de canne à sucre
2- Enrubannage de graminée tempérée
3- Foin de chloris
4- Enrubannage de graminée tropicale
5- Pâture de kikuyu
6- Bagasse
7- Canne à sucre
8- Pâture de graminée tempérée
9- Graminée tropicale en vert
10- Graminée tempérée en vert

Le cas des exploitations allaitantes

Dans les élevages allaitants naisseurs, l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation a montré que le système fourrager est largement fondé sur une disponibilité de l'herbe tout au long de l'année, avec un stock herbager sur pied supérieur en saison chaude (du 15 novembre au 15 mai). Les chargements de 1 à 2 UGB/ha correspondent à un type d'exploitation extensif ou semi–extensif. Ils ne peuvent permettre une valorisation optimale du potentiel de production végétale par la seule pâture, et c'est la voie extensive qui semble la plus plausible dans un tel contexte, sous réserve d'en définir clairement les contours techniques. Il y a donc à imaginer des modes d'exploitation parcellaire décalés par rapport à la pousse de l'herbe, permettant une sous-valorisation du potentiel fourrager mais assurant la pérennité d'une ressource alimentaire, programmée par l'éleveur qui connaît la qualité et la quantité qu'il peut en attendre. De telles politiques, comme le report sur pied de fourrages par exemple, lui permettraient de ne pas évoluer vers un système intensifié fortement consommateur d'intrants. L'objectif devient de savoir reconnaître, voire de créer, des types de surfaces différents, de façon à pouvoir par exemple cibler les parcelles les plus à même de supporter un pâturage décalé par rapport à la pousse de l'herbe en saison chaude. Les critères du jugement de la qualité d'un pâturage dans de telles conditions ne doivent plus être son seul potentiel de production. Une analyse plus poussée de la diversité des situations rencontrées dans les exploitations mérite d'être menée afin de pouvoir juger de leur intérêt en relation avec leur fonction dans le système d'alimentation de l'éleveur en prenant en compte les composantes zootechniques et économiques des exploitations.

Le suivi des performances en élevage allaitant naisseur

Entamé début 2000 dans le cadre d'un accord de partenariat avec la Sica Révia, l'Ede et l'Uafp, ce suivi est à présent opérationnel dans 10 élevages de l'île. La note de l'état corporel (Nec) des vaches et le poids des broutards y sont relevés. Ces Nec sont pratiquement équivalentes dans les élevages de la Plaine des Cafres, où les animaux peuvent être conduits aussi bien sur kikuyu que sur graminées tempérées, que dans ceux des Hauts de l'Ouest, qui sont essentiellement sur pâturage de kikuyu (fig 3). La seule différence apparaît en début de saison chaude, où la vache allaitante dans les Hauts de l'Ouest affiche une perte de Nec et ne semble reconstituer ses réserves qu'à partir du milieu de la saison chaude. La saison a un effet

Figure 3 : Evolution de la Nec au vêlage des vaches allaitantes

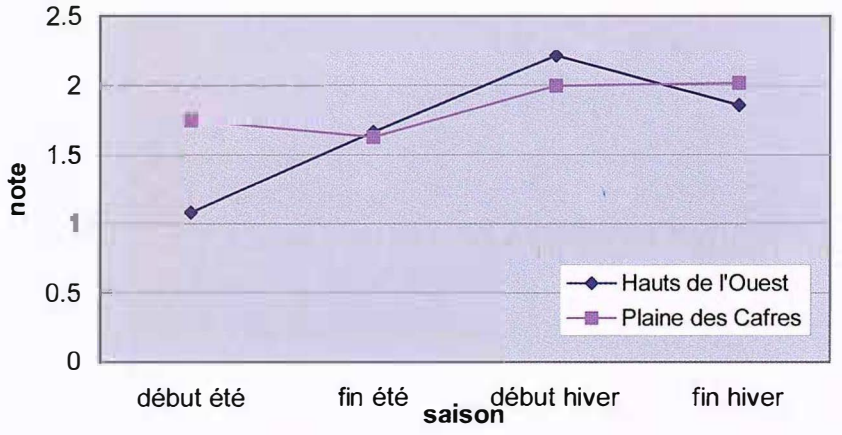


Tableau 1 : Poids à 120 jours des broutards.

	EST	OUEST	PLAINE DES CAFRES
Croisé Limousin ou Blond	X	133	158
Croisé Limousin	120	135	155
Limousin pur	X	X	183

significatif sur les performances de reproduction. Ainsi, à la Plaine des Cafres, l'intervalle entre 2 vêlages est de 340 j si la mise-bas a eu lieu en début de saison chaude (de décembre à février). Il est en revanche de 367 j pour un vêlage de saison fraîche, période où la vache-mère est en bon état corporel mais où elle doit mobiliser ses réserves corporelles pour faire face au déficit fourrager. L'incidence de la localisation des élevages et de la race sur les poids à âge-type (Pat) des veaux, que ceux-ci soient calculés à 120 ou à 210 jours, est illustrée dans le tableau 1 : ils apparaissent plus élevés à la Plaine des Cafres et meilleurs avec des animaux de race pure qu'avec des croisés. Les performances les plus faibles sont enregistrées dans le seul élevage du suivi qui se trouve à l'Est de l'île : une pluviométrie très forte et des pâturages de graminées tropicales des Bas de moindre valeur nutritive en sont des facteurs explicatifs. Ce suivi se poursuit en liaison étroite avec les mesures effectuées sur pâturage (hauteur de l'herbe, rythmes de rotation, pratiques de fertilisation,...). L'enjeu est d'alimenter une base de données accessible aux différents organismes d'encadrement de l'élevage bovin réunionnais et de relier les performances zootechniques aux pratiques d'agronomie des éleveurs et aux résultats économiques des exploitations.

P. Grimaud

Etude des facteurs de risque de l'infertilité en élevages bovins laitiers

Objectifs

Une analyse en profondeur des résultats de reproduction obtenus entre 93 et 96 a permis de constater qu'une proportion très importante de la variabilité des performances de reproduction est localisée à l'échelle de la lactation (80%). Il importe par conséquent de focaliser l'étude à ce niveau d'observation (déséquilibres nutritionnels individuels, pathologie ...). Un protocole de suivi a été mis en place fin 98 dans 23 exploitations laitières (1200 animaux) sur 2 années.

L'étude a pour objectifs (i) la formulation d'outils d'aide au diagnostic de l'infertilité et des déséquilibres nutritionnels (dosages hormonaux, état corporel, biochimie), (ii) l'identification des facteurs de risque de l'infertilité en élevages laitiers, et (iii) la proposition de plans de prévention adaptés à chaque situation.

Sur la base d'études similaires menées en milieu tempéré (recherche bibliographique), un protocole d'étude a été élaboré. Le suivi mis en place dans 25 exploitations laitières durant 2 années complètes s'articulait autour de 2 axes principaux : (i) réaliser un diagnostic différentiel de l'infertilité (ii) Identifier les facteurs de risque de l'infertilité à différentes échelles d'observation, l'intervention ponctuelle (insémination, saillie), le cycle de reproduction (intervalle vêlage-vêlage), l'animal (croissance, précocité sexuelle et fertilité des génisses, âge à la réforme) et le troupeau.

Fig 4: Profils détat corporel en trait plein , profils d'état moyen en trait pointillé

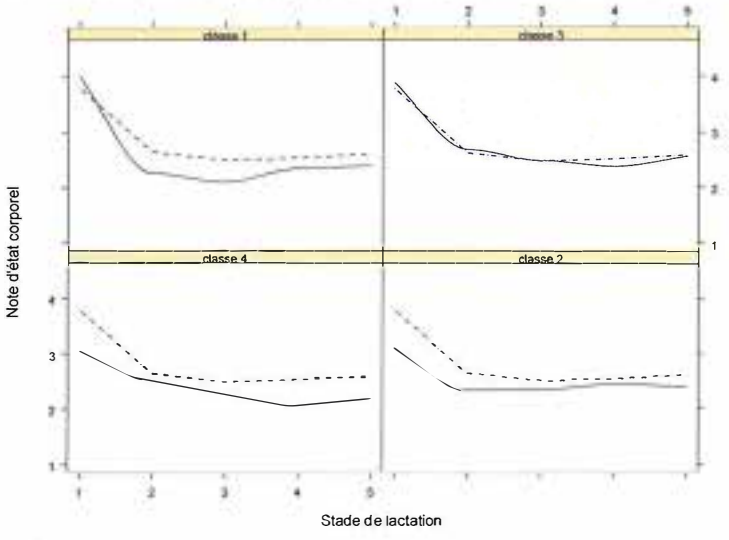
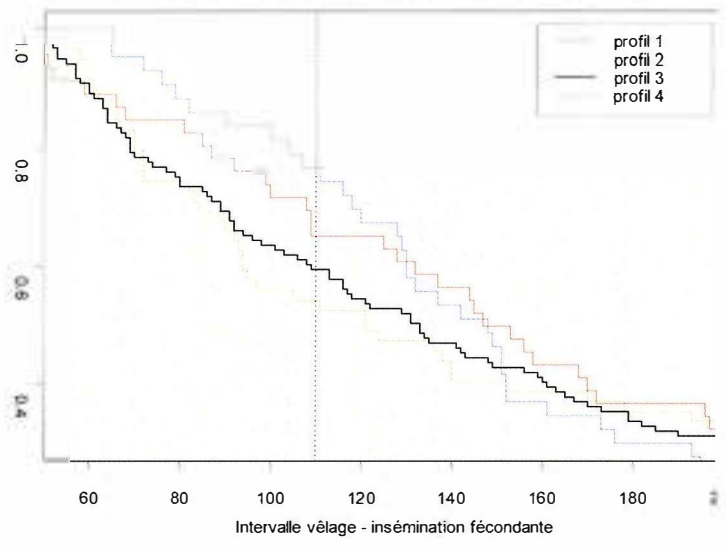


Fig 5 : probabilités cumulées de non fécondation pour chaque profil d'état corporel



Résultats

Collecte et organisation des données

La collecte des données de terrain (reproduction, pathologie, état corporel) et les analyses de laboratoire (biochimie, dosages hormonaux) est aujourd'hui achevée. A ces données ont été ajoutées les données de production laitière individuelle (20000 mesures du contrôle laitier), les résultats des analyses sérologiques (10000 analyses) visant à identifier les causes infectieuses des avortements cliniques (13 agents infectieux) et les dosages d'insuline (près de 9000 dosages) en complément des paramètres biochimiques caractérisant le statut énergétique. Un suivi régulier des plannings fourragers a été mis en place entre juillet 2000 et septembre 2001 dans les élevages laitiers avec pesée des différents éléments de la ration de base et des concentrés distribués individuellement.

Des enquêtes par entretien ont été menées pour caractériser les pratiques de gestion de la reproduction des éleveurs suivis.

L'ensemble des informations collectées sur le terrain et des analyses de laboratoire est structuré dans une base de données relationnelles en cours d'élaboration.

Caractérisation des profils d'état corporel

Un travail exploratoire des profils d'état corporel a été réalisé. La notation de l'état corporel (état d'embonpoint) des animaux est un indicateur des déséquilibres énergétiques. C'est une méthode d'appréciation des réserves corporelles de l'animal. La notation a été testée en condition réelle pour apprécier sa reproductibilité (aptitude de plusieurs notateurs à donner des notes identiques pour les mêmes animaux) et sa répétabilité (aptitude d'un même notateur à donner une note identique lors de notations successives d'un même animal). Ces critères ont été estimés à 0.949 et 0.908 respectivement, validant ainsi les mesures effectuées.

Dans cadre du suivi, nous disposons d'une notation avant vêlage et de 5 notations après vêlage. On réalise une typologie des profils d'état par ACP. Différentes analyses ont été testées dans un cadre exploratoire. Seule l'analyse des pentes (variation d'état entre 2 stades type) permet de travailler sur des variables peu corrélées qui apportent chacune une information différente et aboutit à la caractérisation de profils d'état de forme différente (figure 4). L'analyse compare ensuite les distributions des probabilités cumulées de non fécondation pour chaque profil (figure 5). Le profil 3 est le profil optimal. Le profil 2 se caractérise par une perte d'état limitée et rapidement stabilisée. Ces 2 groupes présentent la plus forte proportion d'animaux fécondés avant 110 jours (autour de 40%). Le profil 4 montre une perte d'état continue au delà de 90 jours post-partum, qui coïncide avec un rythme des fécondations très ralenti. Seuls, 20% des animaux sont fécondés avant 110 jours. Le groupe 1 se caractérise par une chute d'état importante après vêlage et une reprise d'état dès 90 jours, coïncidant avec une legère accélération du rythme des fécondations. Les performances de reproduction sont davantage en relation avec la reprise d'état corporel qu'avec l'état lui-même.

	Avortement	MET	Avortement	MET
BVDV	9	7	0 Seul en cause	4
Mycoplasmose	23	15	8	8
IBR	4	1	0	0
Chlamydiose	3	1	0	0
Neosporose	7	8	3	3
Leptospirose	21	17	6	11
Fièvre Q	9	5	3	3
Anaplasmose	31	17	5	15
Babesia Bovis	15	8	0	5
Babesia Bigemina	13	9	3	5
Total cas	99	212		
Total cas identifiés possible	58	98		
Total cas identifiés	59%	46%		

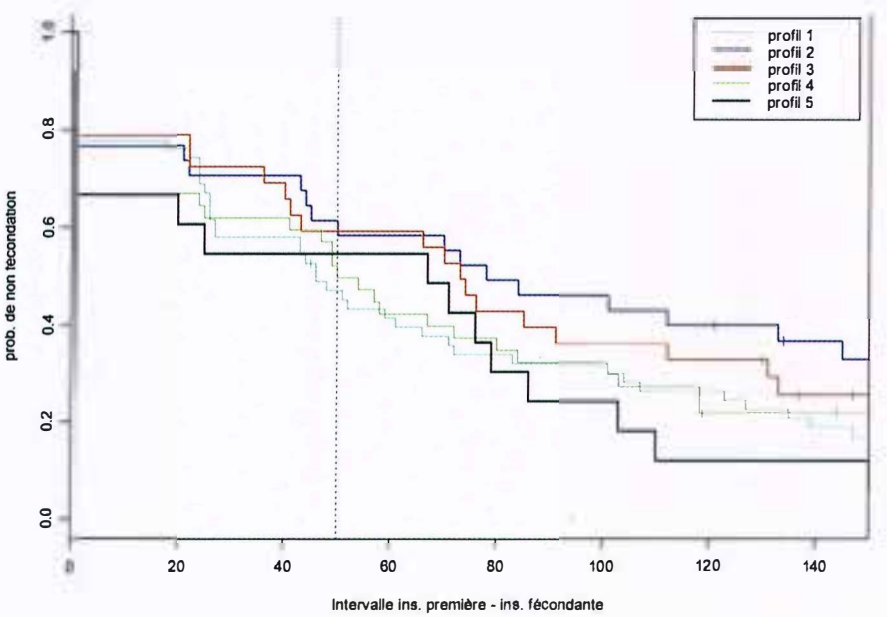
Tableau 2 :
Fréquence des agents impliqués dans les avortements et les cas de mortalité embryonnaire tardive (MET), seuls ou en association (cinétique d'anticorps ascendante)

Caractérisation des profils biochimiques

On dispose pour 185 lactations de 4 prélèvements par lactation (dans le mois qui suit le tarissement, entre 0 et 30, 60 et 90 et 120 et 150 jours post-partum. Douze paramètres ont été dosés (phosphore, magnésium, calcium, glucose, urée, albumine, cholestérol, ggt, gldh, agne, betahydroxybutyrate, insuline). Les données quantitatives ont donc été transformées en classes. Cinq profils biochimiques ont été obtenus après mise en œuvre successive d'une analyse des correspondances multiples et d'une classification hiérarchique ascendante. L'analyse compare ensuite les distributions des probabilités cumulées pour l'intervalle insémination première - insémination fécondante pour chaque profil (figure 6).

Les groupes 2 et 3 ont les rythmes de fécondation les plus lents, et ce dès la première intervention (15 points de réussite en IA1 en moins par rapport aux groupes 4 et 5, plus de 20 points d'écarts 110 jours après la première intervention entre le groupe 2 et 5). Des niveaux d'urée, d'albumine et de cholestérol faibles, un niveau de GammaGT en augmentation à partir de 60-90 jours post-partum et une concentration en insuline qui stagne 4 mois après vêlage sont les principales caractéristiques du groupe 2. Le groupe 5 est le groupe chez lequel la mobilisation des réserves corporelles est la plus forte. Néanmoins, cela ne semble pas avoir eu un impact marqué sur la reproduction. Comme l'atteste l'évolution de la concentration en insuline, les réserves de l'animal étaient suffisantes avant vêlage et la lipogénèse a nettement redémarré 4 mois après vêlage.

Figure 6 :
Probabilités cumulées de non fécondation après la première insémination pourchaque profil biochimique



Etiologie infectieuse des avortements

Des recherches sérologiques ont étét menées sur les cas cliniques d'avortement et de mortalité embryonnaire tardive identifiés grâce aux dosages hormonaux. L'anaplasmose, la mycoplasmose et la leptospirose (serogroupe sejroë) sont les 3 causes infectieuses dominantes en élevages laitiers (tableau 2).

E. Tillard

Etude des déterminants de la qualité du lait de traite

Le développement considérable de la production locale et du marché des produits laitiers et la mise en place à court terme des normes sanitaires européennes ont conduit le Pôle Elevage du Cirad à afficher, pour la période 2000-2004, une action concernant la qualité du lait en partenariat étroit avec la filière. En 2000, les données collectées par la Sicalait (concentration en cellules somatiques – Ccs - du lait de tank) et par l'Ede (taux butyreux individuels) dans respectivement 14 et 17 élevages ont fait l'objet d'une analyse préalable qui confirme l'importance de l'hygiène de la traite et de l'alimentation dans l'obtention de critères satisfaisants. Lors d'une mission de G. Linden et D. Majoux de la mission technologie du Cirad, en novembre 2000, les professionnels avaient par ailleurs réaffirmé leur souci de connaître et de maîtriser certaines caractéristiques du lait. 2001 a été l'occasion d'identifier les besoins des partenaires de la filière :

- Connaître le niveau et la variabilité des caractéristiques du lait ainsi que les facteurs de variation de ces caractéristiques liés aux conduites d'élevage, en particulier à l'alimentation des animaux.
- Identifier des systèmes de production conduisant à une qualité particulière et connaître les conséquences sur ces caractéristiques de nouvelles pratiques d'élevage.
- Fixer une capacité analytique et une expertise locales concernant les caractéristiques du lait.

Ces éléments ont conduit à proposer un protocole de recherche-développement comportant 3 phases :

- une phase descriptive comprenant l'analyse des mesures réalisées mensuellement depuis 1998 par la Sicalait et l'analyse des mesures effectuées par la Cilam sur les laits collectés.
- une phase d'enquête en exploitation (2 années) afin de mesurer avec précision les caractéristiques du lait et leurs principaux facteurs de variation.
- une phase expérimentale pour évaluer in fine l'effet de nouvelles pratiques sur les caractéristiques du lait présentant un intérêt pour la transformation.

Collecte et organisation des données

La première phase de ce protocole a démarré en 2001 avec la constitution d'une base de données à partir des résultats d'analyses effectuées mensuellement par la Sicalait sur les laits de tank de ses adhérents entre 1998 et 2001 (comptage des germes totaux, taux proteique, taux butyreux, concentration en cellules somatiques). On dispose de séries de mesures complètes chez 109 éleveurs. Leur analyse est programmée début 2002.

Les sources de variation de ces paramètres prises en compte sont la saison, l'année, l'élevage, la zone, l'ancienneté de l'activité laitière, l'effectif de vaches, le système fourrager, le type de salle de traite et les pratiques de traite.

Chaque élevage a été classé dans un des 6 groupes caractérisant la dominante du système fourrager (pâturage de kikuyu, ensilage de graminées tempérées, ensilage et foin de cloris, canne à sucre ou canne fourragère, mixte 1 (système sans véritable dominante), mixte 2 (système caractérisé par des changements de régime fréquents et utilisation de diverses ressources). Les élevages ont également été classés selon 4 types d'installation de traite différents prenant en compte la nature des équipements et les pratiques de traite.

Pour préciser la relation entre qualité du lait et alimentation, on analysera également les données du contrôle laitier (production, taux butyreux) collectées entre juillet 2000 et septembre 2001 dans 22 exploitations, période sur laquelle on dispose également d'un suivi quantitatif et qualitatif du régime alimentaire individuel des animaux (cf. opération sur l'alimentation).

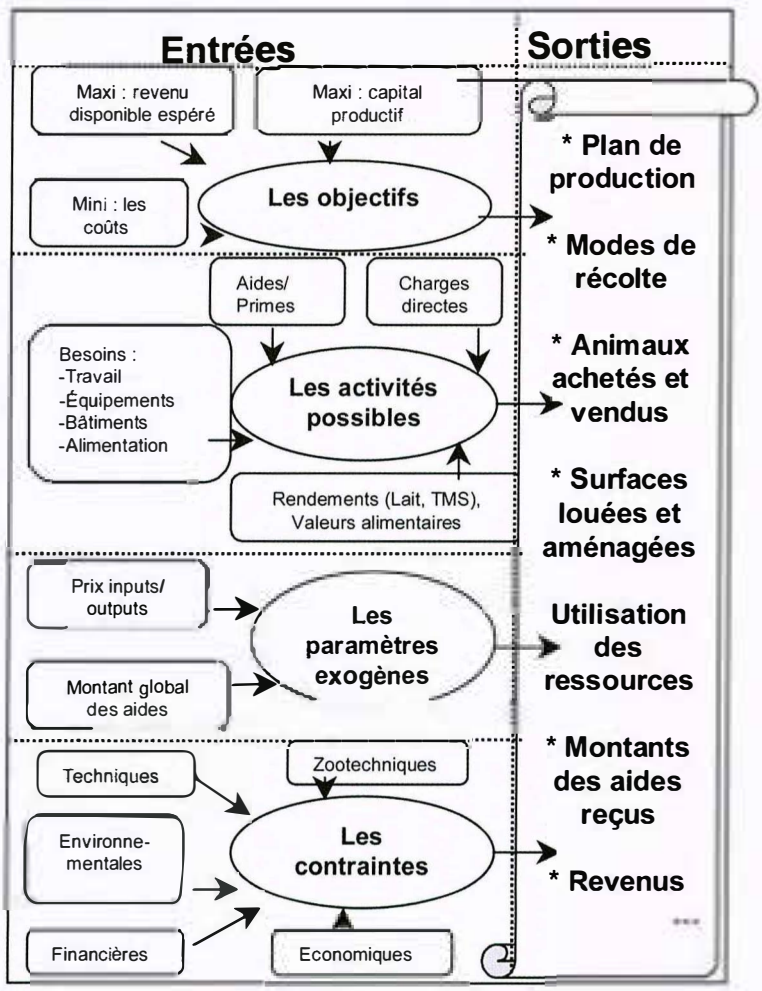
E. Tillard

Transvasement de lait de traite dans le tank

Modélisation du fonctionnement technico-économique des exploitations bovines

Cette opération a été engagée en juin 2000, en partenariat avec la SicaLait et la SicaRevia afin d'étudier la viabilité des exploitations bovines laitières et allaitantes et leur perspective d'évolution dans un contexte de changements du système d'aides ou de changements technologiques.
Un des axes du travail est de pouvoir mesurer l'aptitude des exploitations à supporter des variations de prix et des aides et fournir des outils d'aide à la décision aux professionnels (planification, conseil aux éleveurs).

Figure 7 :
Entrées et sorties du modèle d'exploitation



Construction et validation des modèles économiques d'exploitations laitières

Après l'élaboration d'une typologie des élevages laitiers en 2000 et la constitution d'un jeu de données technico-économiques, nous sommes entrés en 2001 dans la phase de mise au point et de construction de modèles économiques. Il s'agit d'élaborer un outil d'aide à la décision pour les professionnels qui se base sur la programmation mathématique.
Appliqué à chacune des six exploitations types, le modèle économique d'exploitation permet de reproduire les choix de production et les techniques adoptées compte tenu des disponibilités et du mode de gestion des facteurs de production et des contraintes socio-économiques. Sa construction vise à modéliser la conduite d'une exploitation type sous l'hypothèse de rationalité de l'agriculteur, face aux différentes contraintes. Cet objectif ne peut être, néanmoins, atteint que par une forte mobilisation d'informations sur les différents types d'exploitations et une hiérarchisation des facteurs et des déterminants qui affectent les choix des producteurs. Parmi ceux-ci on peut citer :
- les objectifs de l'agriculteur : leur identification et hiérarchisation permet de distinguer un objectif principal des objectifs secondaires, ces derniers étant modélisés sous forme de contraintes (figure 7). L'objectif principal retenu est une maximisation du revenu disponible après remboursement des annuités, car il permet de représenter la fonction d'utilité réelle du producteur spécialisé et "rationnel".
- les activités qui s'offrent à l'agriculteur : cette tâche consiste à spécifier "un univers des activités productives possibles" à partir duquel l'agriculteur élabore la combinaison spécifique de son exploitation. Cet univers se présente sous la forme d'une matrice technico-économique élaborée sur la base de normes régionales établies par les techniciens des organismes spécialisés (Cirad, Ede, Sicalait, Uafp...) ainsi que des données issues des

Tableau 3 : caractéristiques moyennes des 8 types d'élevages naisseurs

		Age (ans)	Début de l'élevage	Nombre d'UTA	SAU (ha)	Nombre de Vaches	Productivité (kg/vache/an)
1	Grands élevages pionniers	48	1983	2,6	78,7	65	270
2	Exploitations moyennes à 1 UTA	35	1992	1,2	51,9	41	180
3	Exploitations moyennes à 2 UTA	50	1990	2,4	37,5	42	273
4	Exploit. en fermage à nombre d'actifs élevé	43	1990	3	42,7	35	253
5	Exploit. en propriété à nombre d'actifs élevé	39	1991	3,1	32	31	239
6	Elevages récents	29	1996	1,6	96,7	29	262
7	Jeunes exploitants des Hauts de l'Ouest	34	1995	2,4	34,7	23	240
8	Petites exploitations	39	1991	1,5	20,7	11	106

enquêtes. Par simplification, nous avons considéré deux grandes activités au sein de l'exploitation, la production de lait et de fourrages.

- les contraintes agro-climatiques, techniques, économiques, financières qui conditionnent les choix des pratiques et des itinéraires techniques : outre les objectifs secondaires (minimisation de l'embauche, du recours au crédit, des coûts...) le modèle intègre à titre de contrainte deux grands types de facteurs : les ressources à la disponibilité de l'agriculteur (main d'œuvre, foncier, capital technique et financier, bâtiment, alimentation...) et les besoins propres aux activités.

L'ensemble de ces modules, objectifs, univers des possibles, matrice technico-économique et contraintes saisis sur un fichier d'éditeur qui est présenté au logiciel GAMS pour une résolution du problème. Cela permettra d'obtenir, pour chaque exploitation type, les plans de production, les modes de récolte, le nombre d'animaux achetés et vendus, l'utilisation des ressources, la valeur des revenus dans le temps.

Etude des élevages bovins allaitants naisseurs

Des enquêtes ont été menées sur 37 élevages bovins naisseurs, choisis selon 5 critères (taille, zone, ressources fourragères, performances, diversification) de manière à disposer d'un échantillon représentatif de la diversité existante. Les données issues de ces enquêtes ont été traitées selon une méthode d'analyse multivariée (l'Afm). Pour cela, 74 variables ont été extraites et organisées en 9 thèmes recouvrant les différentes facettes de l'exploitation.

- 5 grands thèmes représentent sa structure et son fonctionnement. Il s'agit de la famille et son histoire/ de ses projets/ du capital/ du système d'alimentation/ du système d'élevage et des performances du troupeau.

- 4 thèmes sont relatifs aux résultats économiques. Ils visent à caractériser la viabilité de l'exploitation, sa rentabilité, son degré de spécialisation et son niveau d'intensification.

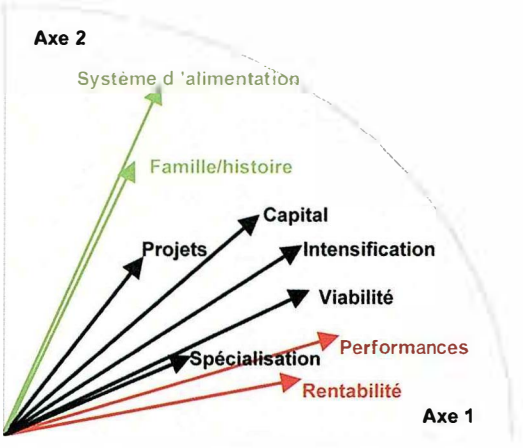


Figure 8 : projection des thèmes sur le plan 1-2 de l'Afm

Ces 9 thèmes ont été projetés sur le plan 1-2 de l'Afm (figure 8). Plus ils sont éloignés de l'origine plus ils contribuent à la formation des axes.

La proximité des thèmes exprimant la force des liens. Ainsi, on observe, sur l'axe 1, un lien étroit entre les performances techniques – qui sont un indicateur de maîtrise de la conduite de l'élevage – et la rentabilité.

L'axe 2 indique une relation entre l'histoire de l'exploitation et le système d'alimentation adopté (considérations à la fois régionales et sociales). Enfin, la viabilité apparaît liée au niveau d'intensification, lui-même fonction de l'importance du capital. Par contre, le degré de spécialisation est, sur ce plan, peu lié aux autres thèmes.

L'examen des exploitations sur le plan factoriel commun montre que le premier axe est lié à la taille et aux performances du troupeau : les exploitations de plus de 45 vaches allaitantes s'opposent à celles de moins de 25 vaches. Les premières ont de bonnes performances de croissance et enregistrent les coûts de production par kg de poids vif les plus faibles. On observe de gros écarts en terme de revenu bovin par actif pour ces 2 catégories (respectivement plus de 100 kf contre moins de 50 kf). Le deuxième axe montre des oppositions entre exploitations en fonction des conditions d'installation (âge de l'éleveur, mode de faire-valoir, zone géographique) et des contraintes fourragères (importance du déficit hivernal).

Une classification des exploitations a permis d'identifier 8 types d'élevages naisseurs dont quelques caractéristiques moyennes sont présentées dans le tableau 3 (page précédente).

Ces exploitations se différencient en fonction de la dimension de l'entreprise (taille du troupeau, surfaces, nombre d'actifs), de la date d'installation et de l'histoire de la " famille-exploitation ", de la zone géographique et du niveau de spécialisation. Les élevages qui sont le plus anciennement établis (1) sont les plus performants d'un point de vue technique et économique car ils ont pu s'équiper, mettre en valeur leur terrain, acquérir leur cheptel et accroître leur expérience au fil des années. A l'inverse les exploitations récemment installées (6,7) sont en phase d'investissement et dégagent encore de faibles revenus. Les petites exploitations (8) qui combinent l'élevage avec une autre activité agricole sont les plus fragiles. Les différences de productivité, rapportée en kg de poids vif produit par vache et par an, sont très importantes entre ces différents types.

Perspectives

Avant d'utiliser le modèle comme outil d'aide à la décision, il faut s'assurer qu'il reproduise bien la réalité à savoir le comportement des différents types d'exploitations : c'est la phase de calibrage et de validation dans laquelle nous sommes entrés en 2002. Le calibrage qui consiste à trouver les bons paramètres des exploitations types, indispensables pour le fonctionnement du modèle et la validation réside dans la comparaison des résultats émanant des modèles à ceux réellement obtenus sur les exploitations. Des simulations seront ensuite effectuées afin de tester l'évolution et la sensibilité des groupes étudiés vis à vis des modifications de leur environnement. Par ailleurs, pour simuler l'évolution de l'ensemble de la filière et tester les efficacités allocative et distributive des systèmes d'aides et des prix nous serons amenés à construire un modèle agrégé. Les hypothèses d'agrégation doivent être discutées en fonction des grands enjeux de développement humain, économique et environnemental. Concernant la filière allaitante, une étude semblable à celle menée chez les naisseurs est actuellement en cours chez les engraisseurs. La finalité est de pouvoir disposer d'une représentation fidèle de la diversité de cette filière dans ces différentes composantes. Nous disposerons ainsi d'une base de données permettant de connaître la rentabilité des différentes catégories d'exploitations et de tracer leur perspective d'évolution.

JP. Choisis (Inra)

Diversification des filières animales : caprins et cervidés

Approche de la filière caprine

Les caprins jouent un rôle alimentaire et socio-culturel important à la Réunion. Leur production s'organise autour de 2 filières : l'une, formelle mais minoritaire, est représentée par une coopérative d'éleveurs, la coopérative des producteurs de Caprins Réunionnais (Cpcr) ; l'autre, informelle, regroupe tous les autres élevages (figure 9).

La Cpcr affiche une forte demande en recherche-développement qui s'est traduite en 2001 par le financement d'un Vat par l'Odeadom, mis à disposition du pôle élevage. Les travaux qu'il y a conduits en collaboration avec une technicienne de la Cpcr ont mis en évidence la multifonctionnalité de l'élevage de caprins sur l'île de la Réunion. Une typologie des différents systèmes d'élevage, élaborée à partir des résultats d'enquêtes dans 64 exploitations, montre 3 classes principales :

1- Les éleveurs laitiers (4)

2- Les éleveurs exclusivement engraisseurs de boucs (10)

3- Les éleveurs ayant une activité de naisseur (50)

Parmi ces derniers, 7 types se distinguent, selon la destination des produits, les activités de diversification, les autres sources de revenu des éleveurs. Ils sont représentés sur la figure 10.

A la suite de cette classification, un suivi a été proposé dans 7 exploitations faisant partie des groupes "Gros élevages" et "Elevages adhérents de la coopérative". Ce suivi visait à la connaissance des critères de reproduction des femelles et des performances économiques de l'atelier caprin dans l'exploitation. Les performances qui en sont issues apparaissent bonnes, avec des taux moyens de fertilité et de fécondité respectivement de 0,95 et 1,47. Le nombre de chevreaux élevés et vendus par femelle mise à la reproduction atteint dans ces conditions la valeur de 1,3, avec des extrêmes allant de 1 à 1,5. L'analyse économique permettant d'aller jusqu'à la marge brute dans ces exploitations met en évidence les contre-performances des exploitations adhérant à la coopérative, malgré une meilleure maîtrise zootechnique. La raison semble être à rechercher dans un aspect figé de la

Figure 9 :
Organisation de la production caprine

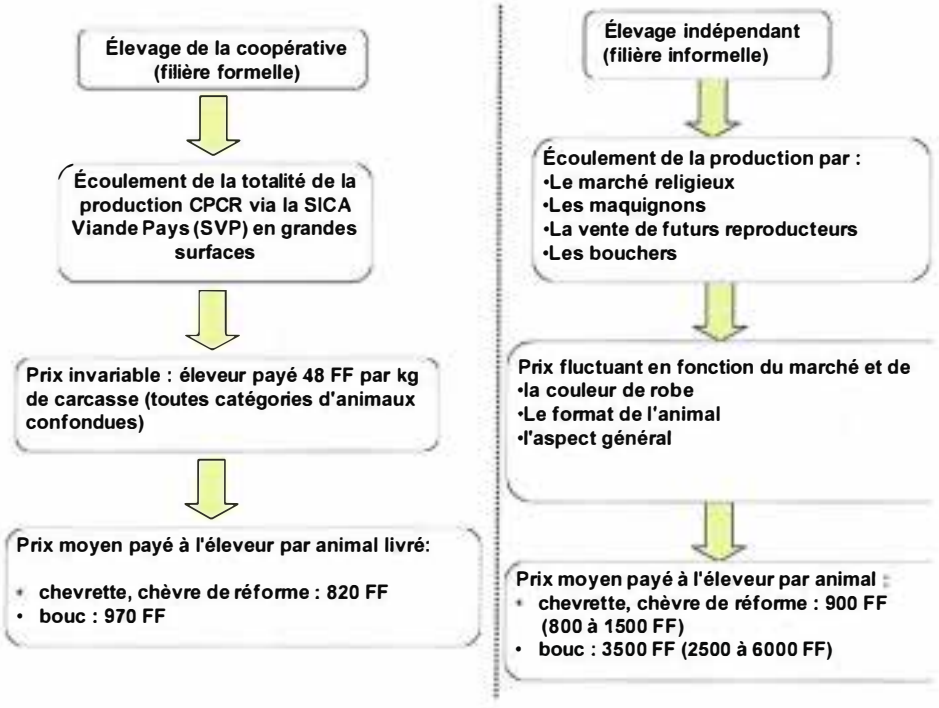
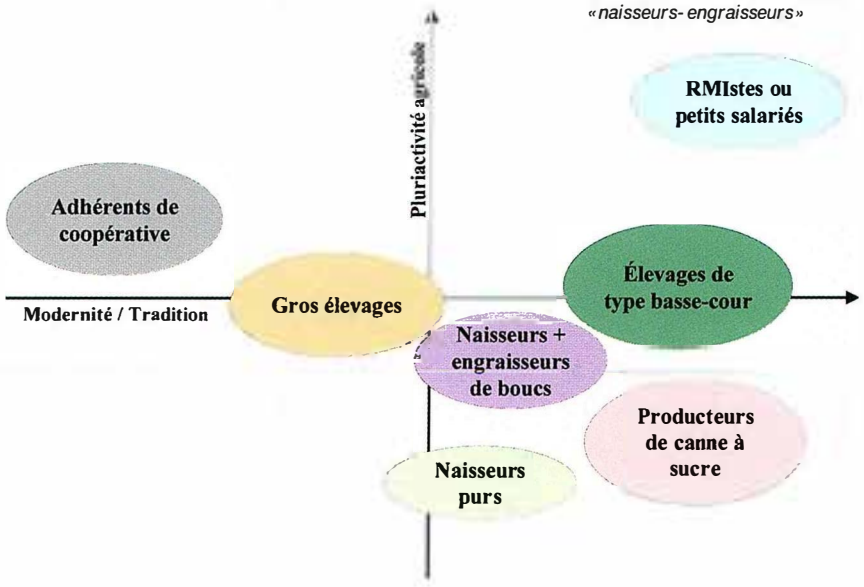
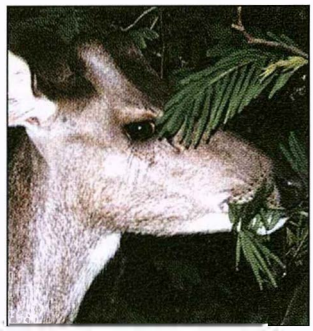


Figure 10 :
Les 7 types d'éleveurs caprins «naisseurs-engraisseurs»



Jeune caprin


Cerf rusa sur pâturage arbustif

filière formelle, qui doit trouver de nouvelles pistes de développement pour asseoir sa légitimité.

Perspectives

Pour appuyer l'émergence d'une filière organisée au sein d'un marché essentiellement informel le technicien du Cirad, aidé de celui de la Cpcr, a pour mission d'analyser la diversité des systèmes d'élevage caprin et d'identifier les motivations des éleveurs. Il devra en outre déterminer dans quelle mesure le pôle élevage pourra apporter un appui méthodologique à ce type de démarche dont devra émerger une identification plus précise de la demande sociale et des questions de recherche qui en découlent.

Plan de relance de la filière cervidés

L'élevage du cerf rusa a toujours fait l'objet de travaux au pôle élevage, essentiellement en matière de pâturage, en liaison avec l'Etablissement départemental de l'élevage (Ede) et l'Union des associations foncières pastorales (Uafp). La demande des groupements reste forte, même si le poids économique de la filière est modeste : en 2001 la production locale a été proche de 20 t pour un marché de plus de 90 t.

A l'occasion de la visite à la Réunion de Sébastien Le Bel, spécialiste du cerf rusa au Cirad Emvt, un plan de relance de la filière a été proposé au Conseil régional par le pôle élevage. Cette stratégie de développement s'articule autour de propositions à plus ou moins long terme, qui ont été développées dans un document à large diffusion (Région, Ede, Groupements d'éleveurs, ...).

A court terme, la filière pourrait facilement accroître la capacité de production des élevages existants et renforcer sa crédibilité auprès des institutions régionales en jouant sur plusieurs tableaux : (i) l'amélioration de la productivité numérique et du type de carcasse produite et (ii) une cohérence accrue en vue d'un renforcement des aides institutionnelles.

Si, à court terme, la filière doit s'attacher à améliorer son outil de production, il est impératif qu'à moyen terme elle se fixe des objectifs plus ambitieux sur lesquels elle pourra planifier durablement son développement. La réponse à la demande du marché local est le premier axe stratégique de relance de cette filière. Le second est la nécessité d'utiliser le développement de la filière comme outil d'aménagement des Hauts avec création de petites unités de production familiales. Le choix d'unités semi-intensives d'une soixantaine de biches mères entretenues à un chargement de 8 biches à l'hectare semble réalisable, sous réserve d'une bonne technicité de l'éleveur et d'un travail lourd de préparation des surfaces exploitées.

Chacune des unités semi-intensives peut amener en phase de croisière à la production annuelle de 2 tonnes de venaison. Pour dépasser le cap des 30 t, il faudrait mettre en place plusieurs élevages de 10 ha, ce que ne permet pas rapidement le cheptel actuel de reproducteurs présent à la Réunion. Une solution pourrait être d'avoir recours à l'importation. Une étude concernant l'introduction de plusieurs centaines de reproducteurs à la Réunion en provenance de Nouvelle-Calédonie a été chiffrée, prenant en compte outre le transfert proprement dit des animaux, toutes les modalités inhérentes à cette importation : accueil des animaux, identification et formation des nouveaux éleveurs, installation de pâturages arbustifs ...

Un tel projet, s'il est accepté pour financement par la Région, l'Odeadom et les éleveurs, amènerait à l'horizon 2006 à la production de 150 t de venaison par 70 exploitants, et dégagerait un chiffre d'affaire annuel estimé à 1,5 M d'euros.

P. Grimaud

Publications et thèses

Dohoo I.R., Tillard E., Stryhn H., Faye B. 2001. The use of multilevel models to evaluate sources of variation in reproductive performance in dairy cattle in Reunion Island, *Preventive veterinary medicine*, p.127-144.

Grimaud, P., Rerolle, X., Roberge, G. 2001. *L'élevage du cerf rusa (Cervus timorensis russa) à l'île de la Réunion.* Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop., Soumis pour publication.

Humblot, P., Chevallier, A., Tillard, E. 2001. Utilisation des dosages de progestérone et de PSPB pour déterminer le moment, la fréquence et les facteurs qui peuvent influencer la mortalité embryonnaire chez les bovins, *Elevage et insémination*, 303, p.3-9.

Lesnoff, M., Lancelot, R., Tillard, E., Faye, B. 2001. Analyse comparative de la productivité des cheptels de petits ruminants en élevage extensif tropical: une nouvelle approche par les modèles matriciels en temps discrets, Revue *Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 54, (1), p 69-80.

Communications à congrès

Alary V., Messad S., Tillard E., 2001. Approche socio-structurelle, fonctionnelle et économique de la diversité des différents systèmes d'élevage laitiers à La Réunion. Utilisation de l'AFM-K tableaux comme aide à l'interprétation de la variabilité inter et intra groupe des systèmes d'exploitation et des poids des facteurs socio-structuraux et économiques, *8ème Rencontres Recherches Ruminants*, Inra-Ite, Paris, 5-6 décembre 2001, pp. 251-255.

Collignan, A., Deumier, F., Grimaud, P. 2001. Application d'un nouveau procédé de salaison à la transformation de la venaison. *Annual Meeting of Agricultural Scientists*, Maurice, 3-4 mai.

Grimaud, P., Coignac, O., Moulin, C. 2001. L'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation dans les élevages bovins réunionnais sur pâturage. Séminaire Inra-Cirad *"Dynamique de végétation et relations herbe / animal"*, 31 janvier-1er février. Egalement accepté sous forme d'affiche

Grimaud, P., Rerolle, X., Le Bel, S., Thomas, P., 2001. Rusa deer farming in La Réunion island. *Vth International Wildlife Ranching Symposium*, Pretoria, Afrique du Sud, 20-23 mars.

Grimaud, P., Thomas, P., Bheekhee, H., Sauzier, J. 2001. Gestion raisonnée des pâturages dans les élevages de cervidés mauriciens. *Annual Meeting of Agricultural Scientists*, Maurice, 3-4 mai.

Thomas, P., Blanfort, V., Michon, A., Grimaud, P. 2001. Le suivi "gestion raisonnée des prairies" à la Réunion, de la recherche au développement. *Annual Meeting of Agricultural Scientists*, Maurice, 3-4 mai.

Tillard, E., Dohoo , I.R., Faye, B., 2001. Etude des Sources de Variation des Performances de reproduction des Vaches Laitières à L'Ile de la Réunion: Utilisation des Modèles Hiérarchiques, Séminaire Inra-Cirad *"Modélisation du fonctionnement des troupeaux"*, 31 janvier-1er février.

Tillard E., Faugere O., Faugere B, Moulin C.H., Landais E., Lancelot R., Ndiaye M., 2001. Le suivi individuel des petits ruminants au Sénégal : un mode d'étude des troupeaux en milieu villageois, acte du *Séminaire International sur l'Alimentation, la Santé et la Productivité des Ruminants dans les Systèmes d'Élevage Ruraux d'Afrique Sahélienne et Soudanienne*, Dakar (Sénégal), 24-27 octobre 2000.

Tillard E., 2001. Etude des facteurs de variation de la qualité du lait en élevages bovins laitiers à la Réunion, 8ème *Rencontres Recherches Ruminants*, Inra-Ite, Paris, 5-6 décembre 2001, 94 p.

Rapports, posters, documents de vulgarisation

Alary V., 2001. *Présentation de la typologie des systèmes d'exploitations laitières à la Réunion*. Rapport Cirad-Emvt n° 2001-18, 12-28 février 2001, 48 p.

Alary V., 2001. *Suivi de l'opération modélisation des systèmes d'exploitation laitier et allaitant à la Réunion*. Rapport Cirad-Emvt n° 2001-59, 8-25 octobre 2001, 40 p.

De La Rocque S., 2001. *Appui au projet POSEIDOM vétérinaire*, Rapport de mission, Cirad-EMVT, 12 p.

Faye B., 2001. *Mission d'appui au projet POSEIDOM. Mise en place du suivi en ferme – réseau observatoire Ile de la Réunion*, Rapport de mission, Cirad-Emvt, 16 p.

Grimaud, P., 2001. *Les rations fourragères à base de graminées dans les élevages bovins réunionnais : Méthodes d'estimation de la valeur alimentaire et Implications.*

Hassoun P., 2001. *Caractéristiques et valorisation des rations dans les troupeaux bovins laitiers à la Réunion. RationVL, un programme pour le rationnement en exploitation laitière bovine*, 50 p.

Juanes X., 2001. *Appui informatique au Réseau de Surveillance de l'Ile de la Réunion (Resir) pour la mise en place de base de données* et Mission de formation, Rapport de mission, Cirad-Emvt.

Le Bel, S., 2001. *La relance de la filière Cervidés à la Réunion*. Rapport de la mission effectuée du 4 au 11 mars.

Le Bel S., Grimaud, P., 2001. *La filière cervidés à la Réunion, Proposition d'une stratégie de développement*, Rapport Cirad, 40 p.

Messad S., 2001. *Programme POSEIDOM Vétérinaire, " Eradication de l'anaplasmose, des babésioses et de la cowdriose à la Réunion "*, Rapport de mission, Cirad-Emvt, 36 p.

Protection des plantes

La protection des plantes à la Réunion a pour principaux objectifs la réduction des pertes, l'amélioration de la qualité des productions végétales et la conservation de la biodiversité exceptionnelle de l'île.

Avec l'achèvement de la construction du Pôle de Protection des Plantes, la Réunion dispose aujourd'hui d'une infrastructure et d'un potentiel scientifique uniques en milieu tropical, regroupant le Cirad (avec une équipe Inra associée), l'Université, la Daf/Spv et la Fdgdec.

En avril 2001, le premier comité scientifique a validé la pertinence des recherches, la cohérence des quatre projets et la structuration des activités de recherche du Cirad et de l'Université sous forme d'un projet d'Unité mixte de recherche (Umr). Il s'est également préoccupé des actions de transfert en suggérant la création d'une équipe de recherche technologique.

Le projet d'Umr a été soumis au quadriennal 2002-2005 de l'Université de La Réunion. Les équipes Cirad du 3P ont été renforcées en 2001 par l'affectation d'un virologue pour travailler sur les mécanismes moléculaires de transmission de virus par insectes et d' un ingénieur certificateur, chargé d'appuyer la mise en place d'une organisation locale en accord avec la réglementation européenne pour produire et certifier le matériel végétal. Cette dernière affectation est une contribution nouvelle au plan sectoriel fruits et légumes présenté en juin à l'Odeadom. Elle permettra une approche intégrée sur la certification et la réglementation impliquant toutes les espèces fruitières et maraîchères en étroite collaboration avec la Daf/Spv, la Chambre d'agriculture et l'Armeflhor.

En 2001, quelques résultats marquants ont été obtenus :

Un outil de diagnostic sensible et spécifique de *Xanthomonas axonopodis* pv *diffenbachiae* agent du dépérissement de l'anthurium a été développé par Pcr gigogne.

La sensibilité de la canne au SYCLV diffère selon les variétés. La variabilité moléculaire montre la spécificité des souches réunionnaises.

Seule l'espèce *Trichogramma chilonis* a été identifiée comme parasitant les œufs du foreur ponctué de la canne à sucre. Une souche performante a été fournie à la Fdgdec pour débuter les essais de traitement biologique en milieu réel.

L'analyse moléculaire des populations de *Bemisia tabaci*, vecteur du TYLCV sur tomate, montre que coexistent à la Réunion deux biotypes, l'un récemment introduit et l'autre indigène.

Le piégeage des femelles de la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae*, est doublé par un abaissement du Ph des attractifs alimentaires. Ceci devrait permettre d'améliorer la lutte contre ce ravageur.

En terme de coopération régionale, le Programme régional de protection des végétaux a reçu l'accord de financement de l'Union Européenne.

La Réunion, via le 3P, devrait y jouer un rôle prépondérant. Le Projet régional mouches des fruits s'est achevé par la production de plusieurs ouvrages de vulgarisation et une évaluation internationale a jugé très favorablement les résultats scientifiques obtenus et les actions de quarantaine opérées.

B. Reynaud

Epidémiologie des maladies bactériennes et virales

Etude de la diversité génétique et de la variabilité du pouvoir pathogène des *Xanthomonas* de la canne à sucre

Plusieurs espèces de *Xanthomonas* attaquent la canne à sucre et provoquent l'apparition de symptômes foliaires souvent similaires (nécroses, stries, blanchiments,...) :

- X. *albilineans*, agent causal de l'échaudure des feuilles ;
- X. *axonopodis pv. vasculorum* ; responsable de la gommose ;
- X. *vasicola pv. holcicola*, responsable de la striure bactérienne du sorgho ;
- *Xanthomonas sp.*, agent causal de la fausse striure rouge au Brésil.

L'échaudure des feuilles et la gommose sont des maladies signalées dans beaucoup de zones de culture de la canne à sucre, notamment à la Réunion. Les seuls moyens de lutte sont préventifs. La sélection de variétés résistantes est nécessaire au sein des programmes d'amélioration variétale, et son efficacité repose sur une bonne connaissance de la diversité et de la variabilité de ces agents pathogènes.

Des gènes impliqués dans la virulence et l'agressivité des bactéries phytopathogènes *(avr et hrp)* ont été identifiés.

Dans cette étude, nous avons appréhendé la diversité de ces gènes parmi les différents *Xanthomonas* qui attaquent la canne à sucre. La variabilité mise en évidence au sein de ces gènes permet de distinguer les espèces de *Xanthomonas* pathogènes de la canne à sucre, à l'exception de *Xanthomonas albilineans* ; et de classer le *pathovar X. axonopodis pv. vasculorum* en trois groupes comprenant :

1/ des souches réunionnaises isolées de canne à sucre ;

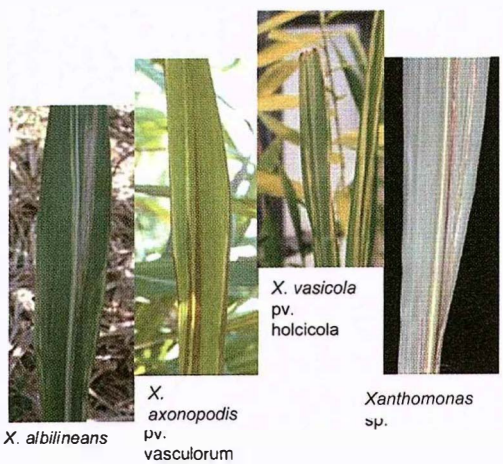
2/ des souches réunionnaises, mauriciennes et australiennes isolées de canne à sucre et d'autres plantes hôtes ;

3/ deux souches mauriciennes exclusivement.

Le pouvoir pathogène de six souches réunionnaises de X. *axonopodis pv. vasculorum* est actuellement évalué sur canne à sucre au champ.

Une variabilité dans l'expression des symptômes, en fonction des souches de l'agent pathogène a déjà été observée trois mois après inoculation des plantes. Cependant, aucune relation ne semble exister à ce stade entre la variabilité du pouvoir pathogène et la diversité génétique.

L. Costet et L. Gagnevin



Symptômes foliaires sur canne à sucre causés par différentes espèces de Xanthomonas.

Appuis en phytopathologie à la profession cannière

La lutte contre les maladies de la canne à sucre est en grande partie basée sur l'utilisation de variétés résistantes. L'objectif de ce travail est donc de s'assurer que les obtentions variétales du Cerf présentent un niveau suffisant de résistance aux principales maladies. Cette année, une trentaine de clones du Cerf ont été évalués vis-à-vis de leur comportement à l'échaudure des feuilles et à la gommose. Ces essais ont permis de classer les variétés selon leur comportement vis-à-vis de ces deux maladies. Parmi ces variétés, sept présentent une sensibilité marquée à au moins une des deux maladies. Dix autres variétés sont, dans les conditions de l'essai, tolérantes aux deux maladies.

L. Costet

Maladie des taches noires du manguier

L'analyse de l'influence de la résistance partielle à la maladie des taches noires (*Xanthomonas* sp. pv. *mangiferaeindicae*) présente dans un cultivar sud-africain (Heidi) a été poursuivie en conditions contrôlées et au champ par l'analyse du développement spatio-temporel de la maladie dans deux vergers expérimentaux de la station de Bassin Plat. Les notations effectuées à l'issue de la saison cyclonique 2000-2001 ont montré une diminution de la sévérité de la maladie dans les deux parcelles. Cette baisse globale de la quantité d'inoculum peut s'expliquer par trois phénomènes concomitants : chute importante de feuilles malades, opération de taille menée en fin de saison cyclonique et surtout conditions climatiques peu favorables au développement de la maladie pendant de la saison cyclonique 2000-2001.

La pluviométrie a été plus faible que l'année précédente (370 vs. 530 mm) et la dissémination (fig 1) beaucoup moins efficace. En conséquence, le nombre de nouvelles infections n'a pas complètement contrebalancé les diminutions d'inoculum. Les arbres malades du cultivar sensible étaient beaucoup plus sévèrement infectés sur feuilles (en moyenne 15 fois plus de symptômes) (fig 2) que ceux du cultivar partiellement résistant. Les données recueillies sur fruits début 2001 confirment l'intérêt du cultivar Heidi :

- Rendement 2,4 fois plus faible chez le cultivar sensible qui peut s'expliquer partiellement par les chutes importantes de feuilles et de jeunes fruits liées aux infections bactériennes ;
- 57% de mangues récoltées infectées par la bactérie pour le cultivar sensible contre 1% pour le cultivar partiellement résistant ;

Cet essai a été reconduit en décembre 2001. Ainsi, deux nouveaux vergers expérimentaux plantés avec les mêmes cultivars ont été installés à Saint-Pierre. La collecte d'isolats fin 2000 a été effectuée selon un plan en W qui a permis d'analyser 221 isolats de la parcelle Heidi et 244 isolats de la parcelle Haden. Nous avons comparé la structure des populations des deux parcelles pour l'année 2000 et entre l'année 2000 et 1999 à l'aide des deux outils de typage moléculaire IS1595 (en théorie neutre) et *avrXa*10 (qui joue en théorie un rôle dans le pouvoir pathogène). Le calcul des coefficients de différenciation génotypique (Fst) permet de mettre en évidence si les populations bactériennes des deux parcelles sont différenciées et quelles forces évolutives induisent cette différenciation :

- En 1999 les populations sont légèrement différenciées. Cette différenciation est similaire quel que soit l'outil moléculaire utilisé. Cela indique qu'il y a eu une forte migration correspondant à l'apport initial d'inoculum.
- En 2000 les populations sont plus fortement différenciées et le coefficient plus fort pour l'outil neutre, ce qui indique que l'inoculum n'a pas été réorganisé (en relation avec l'absence d'événements climatiques majeurs) et qu'il y a eu une dérive génétique des populations bactériennes.

La conclusion principale de ces résultats est qu'il n'y a pas de pression de sélection exercée par l'un ou l'autre des cultivars ou que si il y a une pression de sélection, elle s'exerce de façon homogène sur les populations des deux parcelles. Ceci est à vérifier à l'aide de tests de pouvoir pathogène.

O. Pruvost, L. Gagnevin

Fig. 1

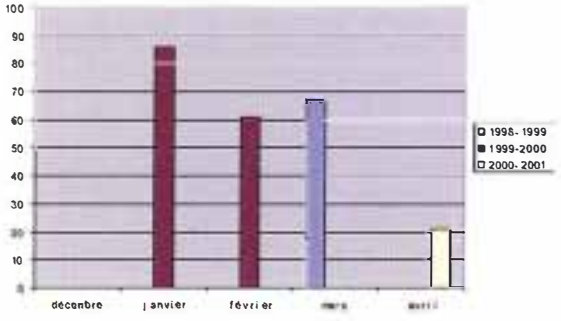


Fig. 1 Index de dissémination (calculé par un index prenant en compte le nombre d'occurrences où la dissémination naturelle est possible et la vitesse des vents associés aux pluies) sur la base de données météorologiques enregistrées sur le site expérimental pendant la saison cyclonique.

Fig. 2

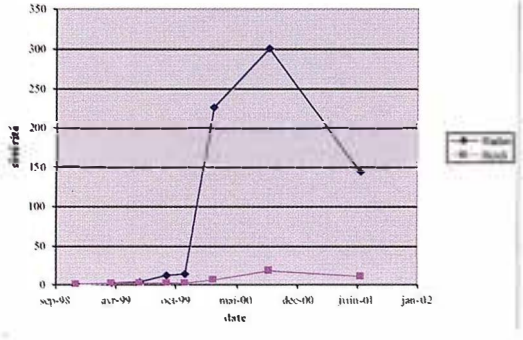
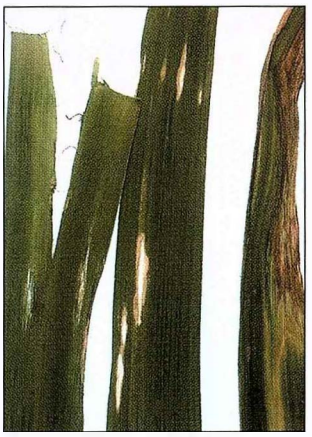


Fig 2. Evolution temporelle de la sévérité de la maladie des taches noires du manguier dans deux vergers expérimentaux plantés respectivement à l'aide d'un cultivar sensible (Haden) et partiellement résistant (Heidi).



Symptômes de bactériose des Alliacées sur poireau. (P. Roumagnac)

Dépérissement bactérien de l'Anthurium

La mise au point d'une méthode de détection de *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae*, (*Xad*) basée sur l'amplification génique (Pcr) s'est poursuivie au cours de l'année 2001.

Une Pcr gigogne (Nested Pcr) a été développée pour un fragment spécifique de Xad préalablement déterminé par Rapd-Pcr. La détection du pathogène par cette méthode est extrêmement sensible puisqu'elle présente un seuil de l'ordre de 10^3 bactéries/ml. Sa spécificité a été démontrée in vitro sur la totalité de la collection de *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* constituée depuis le début des travaux. Aucune amplification n'est observée pour les autres *Xanthomonas* et genres bactériens testés à ce jour et pour les différentes souches bactériennes isolées non pathogènes. L'identification de ces dernières à partir de leurs caractères biochimiques et culturaux a été réalisée. Parmi les Gram -, le groupe des entérobactéries est fortement représenté (*Pantoea, Proteus, Morganella, Citrobacter*...) ainsi que les Pseudomonas et genres apparentés (*Sphingomonas, Burkolderia*...). Les bactéries à coloration de Gram +, moins nombreuses sont constituées essentiellement de *Bacillus*.

Les premiers essais de détection du pathogène in planta, réalisés sur des broyats de feuilles d'Anthurium contaminées, ont montré qu'il existait une inhibition de l'amplification. Elle est classiquement provoquée par diverses substances végétales (souvent phénoliques) libérées au cours du broyage. Différents protocoles de traitement des échantillons de plantes ont été testés dans le but d'éliminer ces substances inhibitrices et d'assurer ainsi une amplification optimale. Nous avons montré que l'ajout lors du broyage, d'un tampon d'extraction spécifique à base de Pvp supprime l'effet inhibant des extraits de plantes sur la Pcr et permet de détecter la bactérie avec un niveau de sensibilité égal à celui obtenu lorsque le test est réalisé sur la bactérie en culture pure. Différentes expérimentations sur du matériel infecté sont en cours afin de confirmer ces résultats sur différentes variétés d'Anthurium.

Un outil de diagnostic sensible et spécifique est d'ores et déjà au point mais nécessite une validation sur différentes variétés d'Anthurium.

Parallèlement, l'évaluation de la spécificité du test se poursuit pour chaque nouvelle entrée de *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* dans la collection de souches bactériennes. Le transfert de la technique vers la Daf-Spv est prévu courant 2002. À terme, nous disposerons d'un test utilisable à différents niveaux de la lutte contre la bactériose de l'Anthurium : surveillance phytosanitaire, certification, études épidémiologiques...

Plusieurs techniques de quantification des bactéries sont en cours de mise au point pour la détection du pathogène dans les sols des sites de production (Pcr compétitive) afin de réaliser un suivi au cours du temps de l'inoculum

P. Laurent, I. Soustrade, L. Gagnevin

Dépérissement bactérien des Alliacées

En 2001, les dégâts occasionnés par le dépérissement bactérien des Alliacées ont été importants à la Réunion, plus particulièrement sur les parcelles d'oignon et d'ail. Pour la première fois au niveau international, des souches ont été isolées à partir de symptômes naturels sur poireau au Lpgr. Cette maladie bactérienne a par ailleurs été répertoriée pour la première fois dans plusieurs zones de culture de l'oignon ces deux dernières années (Texas, Colorado, Californie, Venezuela, Japon, Afrique du Sud), ce qui lui confère le statut de maladie émergente au niveau international.

La mise au point d'un outil moléculaire de détection de l'agent pathogène afin d'élaborer un test de dépistage de la bactérie au sein de lots de semences produites localement ou importées est en cours de réalisation.

Un fragment d'Adn commun à l'ensemble des souches de *Xanthomonas* sp. isolées dans l'archipel des Mascareignes a été identifié. Il possède une bonne spécificité vis-à-vis de la bactérie cible, mais elle n'est pas totale.

Des fragments nucléotidiques non spécifiques issus d'amplifications à partir d'Adn de quelques souches de *Xanthomonas* associés à d'autres cultures ont été séquencés. Un nouveau couple d'amorces a été synthétisé à la suite de ces

travaux. La méthode Pcr en cours d'évaluation a été utilisée pour vérifier que des souches provenant de tous les pays nouvellement contaminés sont reconnues par le test.

Les résultats obtenus en 2000 et 2001 indiquent que la grande majorité des isolats, hormis quelques uns, sont reconnus par le test. Cela a conduit à la réalisation d'une étude sur la diversité génétique du *Xanthomonas* responsable du dépérissement bactérien des Alliacées par Aflp.

Le niveau de diversité intrapathovar est assez important, ce qui pourrait expliquer la difficulté à détecter l'ensemble des isolats par la méthode Pcr mise au point. Les prochains travaux viseront à optimiser les conditions expérimentales permettant une détection sensible de la bactérie in planta et dans les semences produites localement et à développer un protocole rendant universel le test de détection (Pcr multiplex).

L'étude épidémiologique menée en 2001 a confirmé les résultats obtenus en 2000. La distribution de la maladie est agrégée ce qui indique des infections secondaires (dissémination par les pluies et l'irrigation) à partir d'un nombre limité de foyers primaires (graines contaminées).

La transmission de la maladie par les semences doit être confirmée par une étude de typage moléculaire des souches isolées pluri-annuellement dans l'archipel des Mascareignes ainsi que dans les essais expérimentaux de 2000 et 2001 (à partir des semences naturellement contaminées et des plantes malades au champ). Si tel est le cas, un taux faible de semences contaminées (0,4 ‰) peut être à l'origine d'une épidémie se développant sur 15 % des plants d'une parcelle.

Cette valeur d'incidence de la maladie a été observée dans des conditions climatiques de saison sèche, conditions peu favorables au développement d'épidémie d'origine bactérienne. Une étude menée en Californie a montré que dans des conditions optimales de développement de l'épidémie, 70% des plants peuvent être atteints avec une perte de 50% sur le rendement final.

P. Roumagnac, O. Pruvost

Flétrissement bactérien des Solanacées

Une étude comparative des différentes méthodes de détection de *Ralstonia solanacearum* réalisée selon une approche expérimentale a permis de montrer :

- Les limites de certaines méthodes du fait de la présence de substances inhibitrices dans les extraits de plantes (tabac, geranium rosat) et dans les extraits de sol.
- L'efficience d'adjuvants d'extraction (polyvinylpyrrolidone et polyvinylpoly-pyrrolidone) pour neutraliser en partie ou en totalité les effets inhibiteurs et celle d'autres adjuvants (SérumAlbumine bovine, Proteine 32 du phage T4 ou Nycodenz) pour favoriser l'amplification génique.

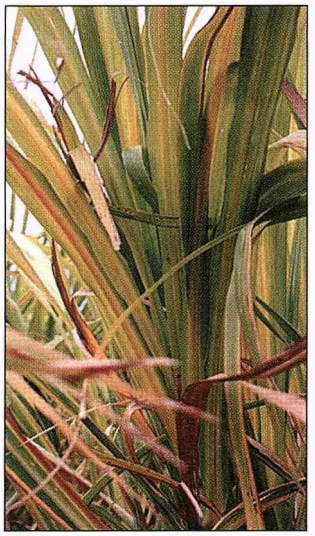
L'utilisation de microbilles magnétiques auxquelles est associée une séquence spécifique de *Ralstonia solanacearum* s'est révélée efficace dans la détection de la bactérie sauf lorsque le milieu d'extraction contient des éléments figurés qui peuvent masquer la réaction d'hybridation (broyats de plantes ou de graines). L'efficacité est, en revanche, bonne à partir de la plupart des extraits de sol même si pour certains la sensibilité de détection est nettement moindre. L'utilisation du kit QIAmp (Qiagen®, GmbH, Allemagne) confère à la méthode de détection par Pcr une efficacité et une sensibilité de très bon niveau, quelle que soit l'origine de la population bactérienne.

En association avec les adjuvants précédemment cités, elle permet d'abaisser le seuil de détection à environ 1000 bactéries par ml d'extrait. Pour assurer une bonne reproductibilité, il convient que les conditions de l'amplification soient strictement respectées. L'étude en conditions contrôlées ("phytotron") de l'interaction entre les biovars 1 et 3 de *R. solanacearum* a pu être effectuée sous trois conditions de température : 20°, 25° et 30°C. Il se confirme que le résultat de la compétition entre les biovars, en terme de niveau de population, dépend de la température d'incubation, le biovar 3 étant favorisé à 30°C et le biovar 1 l'étant à 20°C.

On retrouve donc pour l'interaction entre les biovars 1 et 3, des résultats similaires à ceux enregistrés pour les biovars 2 et 3 avec, cependant, un effet positif des températures fraîches sur la compétitivité du biovar 1, moins marquée que pour le biovar 2.

J. Luisetti (Inra)

Symptômes de bactériose des Alliacées sur ail (P. Roumagnac)



Jaunissements causés par le syndrome de la feuille jaune sur canne à Sucre. (L. Rassaby)

Vanillier sous ombrière. à gauche : plante virosée, à droite : plante saine. (L. Rassaby)

Syndrome des feuilles jaunes de la canne à sucre

Les recherches menées sur le syndrome de la feuille jaune causé par le Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) avaient pour objectifs de déterminer l'impact du virus, d'étudier l'évolution des populations virales dans la plante et au champ, d'analyser la dissémination de la maladie et de caractériser la variabilité génétique du SCYLV à La Réunion.

Les caractéristiques agronomiques de cannes à sucre infectées ou non ont été comparées au champ avec trois cultivars : R570, R577 et R579. Des pertes significatives de la production en tonnage (23%) et en sucre (11%) ont été mises en évidence en canne plantée pour R577 uniquement. En revanche, en première repousse, 10% de perte en sucre et 36% de perte en tonnage ont été constatés pour R577 et une perte en tonnage (16%) a été contatée pour R579.

L'enquête conduite pour déterminer la progression du SCYLV en conditions naturelles a montré que les pourcentages d'infection ont varié selon le cultivar et selon le site de prélèvement, mais sont restés relativement stables sur une période de 30 mois.

Ces résultats suggèrent qu'à La Réunion :

1/ le niveau de résistance à la maladie diffère selon les cultivars,

2/ les souches de canne à sucre infectées le demeurent lors des cycles de récolte successifs

3/ le virus est principalement propagé par la plantation de boutures infectées.

Deux espèces de pucerons ont été identifiées sur canne à sucre à La Réunion : *Melanaphis sacchari* et *Rhopalosiphum maidis*. Seul *M. sacchari* était porteur du SCYLV. Deux mois après la plantation du cultivar sensible R575 indemne de SCYLV dans une zone infestée par le virus, 14% des plantes étaient infectées par le SCYLV. Quatre mois plus tard, ce taux était de 24% et aucune nouvelle infection n'a été détectée entre 6 et 12 mois. Il existerait donc à La Réunion une fenêtre réduite de contaminations primaires qui serait située entre 0 et 2 mois après la plantation des boutures au champ.

La variabilité génétique du SCYLV a été analysée avec 48 isolats viraux de La Réunion et 24 isolats originaires d'autres pays. Une partie de chacun des six. ORF (Open Reading Frames) du génome a été amplifiée, clonée puis séquencée. L'analyse phylogénétique des séquences obtenues a permis de montrer que les régions les plus variables du SCYLV sont l'ORF1 et l'ORF2 et que la région la plus conservée est l'ORF3. En se basant sur la variabilité de l'ensemble du génome, la grande majorité des isolats de la Réunion se différencie des isolats d'autres origines.

L. Rassaby

Maladies virales du vanillier

Depuis 1994, la survie de la culture de la vanille à La Réunion dépend de l'intensification de sa production sous ombrière. Il a été montré que ces conditions de culture améliorent la production d'un point de vue agronomique mais favorisent le développement de problèmes phytosanitaires comme les viroses tel que le Cymbidium virus (CyMV), un potexvirus.

Pour lutter contre ce virus, il a été choisi d'éliminer les plantes malades et de les remplacer par des boutures certifiées saines. Cela a nécessité la mise en place de mesures prophylactiques et de structures et méthodes adaptées à la multiplication de matériel sain. Dans ce schéma de certification de lianes indemnes de CyMV, les outils de diagnostic employés jusqu'alors, Elisa et Pcr ont été comparés à une autre technique sérologique : l'immuno-empreintes (IE).

Pour garantir à terme la diffusion de boutures indemnes des principaux virus et se doter de méthodes de diagnostics fiables, une étude de caractérisation des potexvirus infectant le vanillier à la Réunion a été entreprise. Les premiers travaux ont montré qu'il existe sur vanille à la Réunion une seule souche de CyMV homogène sur le plan sérologique, biologique et moléculaire (CyMV-R). En comparaison, la caractérisation moléculaire des isolats de CyMV collectés aux frontières a permis de définir les risques associés à l'introduction de matériel végétal contaminé sur l'île.

Cette caractérisation moléculaire sur des isolats d'orchidées thaïlandaises et sur des vanilliers polynésiens importés, met en évidence la présence d'au moins un groupe de CyMV différent de celui auquel appartient le CyMV-R.

F. Leclerq

Le tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) :

Evaluation du risque d'acquisition du TYLCV sur des fruits

En collaboration avec le service de la protection des végétaux d'Avignon et de la Réunion, un test d'évaluation du risque d'acquisition et d'inoculation du TYLCV par *Bemisia tabaci* à partir de fruits de tomate grappe a été réalisé. Un test préliminaire de cette expérimentation a prouvé la présence en quantité importante du virus dans le fruit d'où des risques potentiels d'introduction de souches de TYLCV voire d'autres bégomovirus via les échanges commerciaux de tomates.

Des tests d'acquisition du virus par des aleurodes non virulifères sur tomates grappes virosées, ont été réalisés et comparés à ceux sur plantes en végétation. Ils donnent des pourcentages d'acquisition de 10% et d'inoculation de 4%. Même si ces pourcentages sont nettement inférieurs à ceux réalisés à partir des parties végétatives, il y a un risque non négligeable de transmission du TYLCV par ce biais.

Importance des bégomovirus dans la zone Océan Indien :

Le TYLCV a été introduit à la Réunion en 1997, des symptômes de type TYLCV ont depuis été signalés à Mayotte (2000) mais l'espèce virale n'a pas encore été déterminée au niveau moléculaire. A Madagascar, la maladie des feuilles jaunes en cuillères est signalée depuis 1997 mais aucune information n'existe sur l'agent viral. Une enquête a été réalisée en collaboration avec les services officiels malgaches à Madagascar en avril - mai 2001 dans le but de prélever des échantillons de feuilles avec des symptômes de viroses (en Bos) et des adultes de *Bemisia tabaci* (dans de l'éthanol pur) dans différentes régions de l'île (Fig3). Ceci, afin de détecter la présence ou l'absence de bégomovirus et d'étudier la diversité de *B. tabaci* dans la zone du Sud ouest de l'océan Indien. Les sites de prélèvements ont été choisis pour quadriller l'île, dans la région des hauts plateaux (zone maraîchère par excellence) mais aussi dans les régions côtières. De l'Adn viral a été extrait de trois échantillons provenant de la côte ouest de Madagascar (Toliary et Morondava).

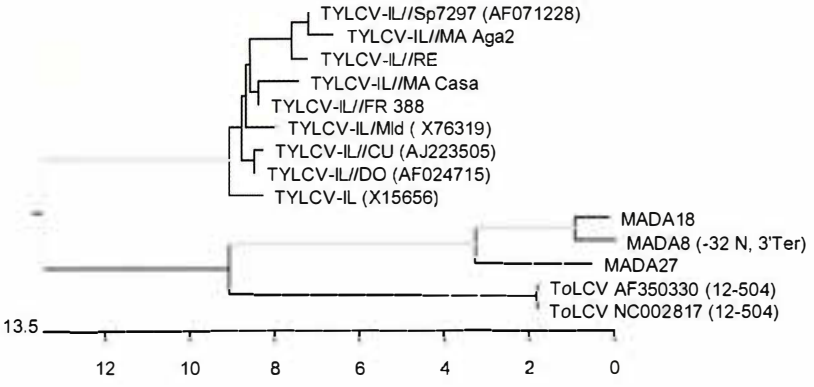


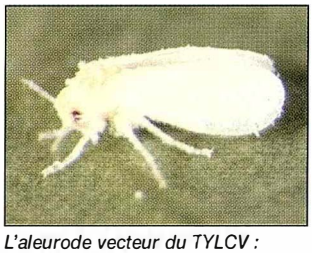
Fig 3 :
Arbre phylogénétique réalisé à partir de séquences de 500 pb de génome virale de différents isolats de TYLCV et de TbLCV incluant les échantillons de Madagascar.

Ces échantillons ont été amplifiés par des amorces dégénérées (MP16/MP82) supposées amplifier une partie de l'Adn A des bégomovirus sur un fragment de 500 paires de base.

La séquence amplifiée s'est révélée plus proche du *Tobacco leaf curl virus* du Zimbabwe (77%) que du TYLCV (73%) avec toutefois un pourcentage d'homologie inférieur à 80%, ce qui révèle la présence d'un nouveau bégomovirus sur la côte ouest de Madagascar.

Entre les trois souches, il y a un pourcentage d'hétérogénéité nucléotidique relativement élevé, allant de 94 à 98%. De plus amples analyses seront nécessaires afin d'avoir les séquences complètes des souches et de les caractériser.

B. Reynaud



L'aleurode vecteur du TYLCV : Bemisia tabaci (P. Ryckeweart)

Dynamique des populations et comportement des ravageurs et leurs auxiliaires

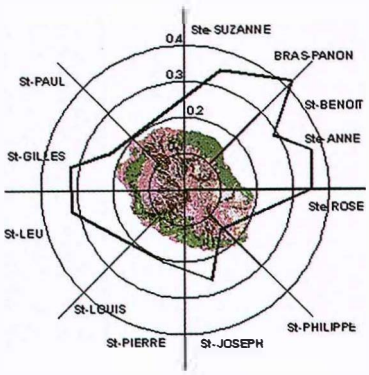


Fig 4. Probabilité pour une canne d'être attaquée par le foreur ponctué pour la sole cannière de la Réunion.
(J. Rochat. Mars 2002)

Le foreur de la canne à sucre

Le foreur ponctué, ***Chilo sacchariphagus***, est un ravageur majeur de la canne à sucre dans le sud-est asiatique et l'Océan Indien.

A la Réunion, il est responsable de pertes importantes pour la variété de canne à haut rendement R579. En 2001, le suivi de la dynamique des populations des parasitoïdes oophages du foreur ponctué complète l'inventaire de ces parasitoïdes débuté en 2000. Des trichogrammes ont été récoltés par piégeage sur les 10 sites d'observation, mais en fréquence et en quantité faibles et très variables d'un site à un autre. Seule l'espèce, *Trichogramma chilonis*, a été rencontrée.

La probabilité de piéger des trichogrammes dépend, du site de piégeage, de l'âge (ou la hauteur) des cannes, de la période de l'année, de l'espèce (*C. sacchariphagus ou de Galleria mellonella*, hôte de substitution) et du nombre d'œufs hôtes utilisés pour attirer les trichogrammes. (fig 4)

Un ensemble de caractères biologiques et démographiques (fécondité, longévité, sex-ratio, etc.) et l'effet de la température (20-35°) sur ces caractères, ont été mesurés chez trois souches de *T. chilonis*, avec *C. sacchariphagus G. mellonella*. Les trois souches proviennent de sites géographiquement et climatiquement distincts (St-Benoît, chaud/humide, St-Pierre, chaud/sec, St-Joseph, frais/humide).

Certaines caractéristiques biologiques dépendent fondamentalement de l'espèce hôte, et la plupart sont différentes chez les trois souches. L'effet de la température diffère également chez les trois souches de *T. chilonis*.

Ces différences sont cohérentes avec le climat d'origine de chaque souche (adaptation à l'environnement climatique de leur site d'origine).

La souche "St-Benoît" présente des potentialités supérieures à celles des deux autres souches pour la lutte biologique par lâchers inondatifs (nombre élevé d'hôtes attaqués, sex-ratio faible, adaptation aux températures élevées...).

Cette souche a été transférée à la Fdgdec pour la phase de développement de la lutte biologique. L'évaluation de son efficacité au champ contre le foreur ponctué de la canne aura lieu à partir de 2002 en collaboration avec cet organisme.

Le suivi de la dynamique des dégâts dus aux divers foreurs de la canne à l'échelle régionale a été poursuivi en 2001. L'ensemble des données rassemblées ces quatre dernières années est en cours d'analyse, en relation avec les variétés, les pratiques culturales et le climat, afin d'identifier les zones géographiques et les facteurs à risques vis-à-vis des attaques de foreurs.

Le parasitisme naturel des foreurs vient compléter le dispositif en 2001. Parallèlement à la lutte biologique, l'utilisation potentielle de variétés résistantes au foreur est étudiée au travers du cas particulier de la variété R570.

J. Rochat

Mat de piégeage d'aleurodes.
(P. Ryckewaert.)

L'aleurode, Bemisia tabaci, vecteur de bégomovirus

Variabilité moléculaire

Les résultats obtenus en 2000 avaient montré l'existence à la Réunion de deux biotypes de *B. tabaci*. Les élevages homogènes, obtenus à partir de lignées isofemelles, réalisés depuis juin 2000 nous ont permis d'avoir à tout moment des insectes des deux biotypes de *Bemisia tabaci*.

Pour déterminer s'il s'agit de deux introductions récentes d'origine différente ou si l'un des biotypes est indigène nous avons intégré dans les analyses des individus récoltés dans la zone du sud ouest de L'Océan Indien.

La comparaison de séquences partielles du gène de la *cytochrome oxydase I*, montre clairement une similarité presque totale entre le biotype minoritaire de la Réunion et les individus récoltés aux Seychelles, à Maurice et à Madagascar et un niveau de similarité inférieur (environ 93%) avec le biotype B dominant (Fig. 5).

Ceci conforte l'hypothèse d'un groupe indigène de la région du sud ouest de l'océan Indien, que nous appellerons Ms (biotype Mascareignes) et d'une introduction relativement récente du biotype B à La Réunion.

Le biotype B, le plus dommageable à l'échelle planétaire, a supplanté les autres biotypes dans de nombreuses régions (Usa, Antilles...), aussi le suivi des populations de *B. tabaci* sur quelques années permettra de savoir s'il en est de même à la Réunion. Ce suivi sera réalisé grâce à des prélèvements sur une trentaine de sites sur toute la circonférence de l'île sur différentes plantes hôtes pendant 3 ans tous les 6 mois, lors des périodes de pullulation (février/mars et octobre/novembre) des insectes.

B. Reynaud

Dynamique des populations

L'étude sur la dynamique de population d'aleurodes en parcelles de giraumon, initiée fin 1998 en collaboration avec l'Inra Guadeloupe, a été poursuivie. Sur 4 sites situés dans le sud ou l'ouest de l'île, en conditions climatiques contrastées, l'évolution des populations d'aleurodes adultes est suivie par comptages sur plant et piégeages hebdomadaires. Les tendances décrites en 2000 se sont confirmées en 2001 sur les 4 sites (fig. 6). 2001 a aussi permis de mettre en place un autre type d'essai afin de mieux appréhender l'influence du vent et la relation entre inoculum primaire de TYLCV et dynamique de population du vecteur. Des mâts supportant des pièges cylindriques verticaux tous les mètres à partir de 1m au-dessus du sol, ont été installés sur les sites décrits précédemment. Des plants de tomate sont placés à leur pied afin de pouvoir estimer le taux d'inoculation.

F. Chiroleu

Les mécanismes de transmission du *Maize streak* virus (MSV, Geminiviridae) par *Cicadulina mbila*

Analyse spatio-temporelle du virus à travers les différents compartiments de l'insecte impliqués dans la transmission circulante

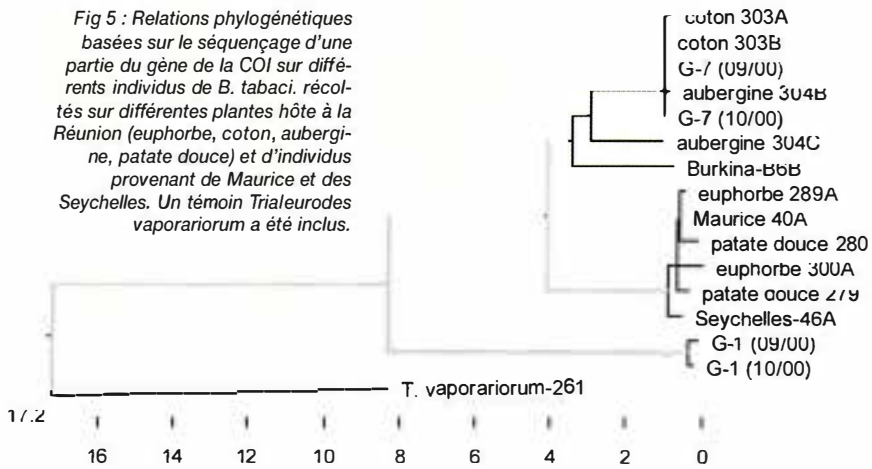


Fig 5 : Relations phylogénétiques basées sur le séquençage d'une partie du gène de la COI sur différents individus de B. tabaci. récoltés sur différentes plantes hôte à la Réunion (euphorbe, coton, aubergine, patate douce) et d'individus provenant de Maurice et des Seychelles. Un témoin Trialeurodes vaporariorum a été inclus.

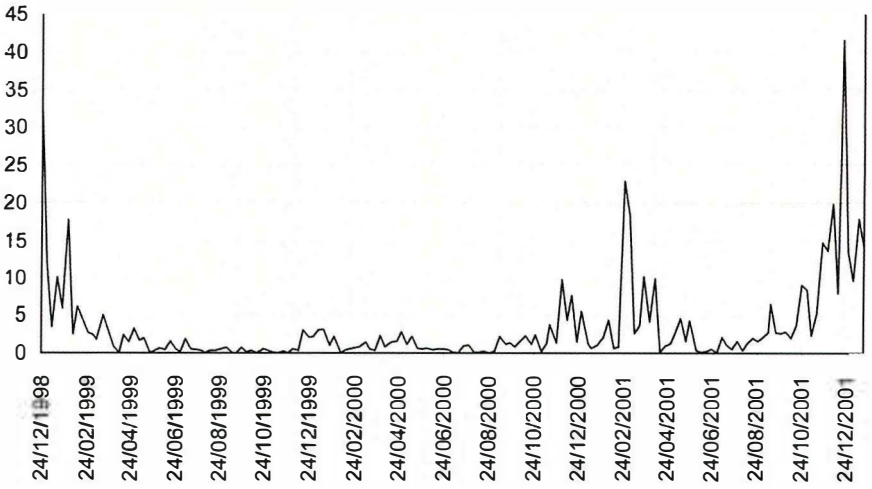


Figure 6 : Quantité hebdomadaire d'aleurodes adultes piégés (moyenne par piège et par jour) sur le site de Bassin-Martin entre décembre 1998 et décembre 2001.

Les moyens de lutte utilisés actuellement contre les maladies transmises par vecteur sont onéreux et certains, comme les traitements insecticides, sont connus pour leur impact négatif sur l'environnement. Une voie innovante de contrôle des maladies virales encore peu explorée serait de "brouiller" l'interaction entre le virus et le vecteur. L'avènement d'une telle stratégie de lutte est tributaire des connaissances encore limitées sur les interactions cellulaires et moléculaires entre le virus et le vecteur.

Une étude a été menée par des techniques de détection basées sur l'amplification de l'Adn viral et particulièrement la Pcr quantitative en temps réel. Les travaux ont porté sur la comparaison entre une population de *C. mbila* sélectionnée, dont 100 % des individus transmettent le MSV, et une

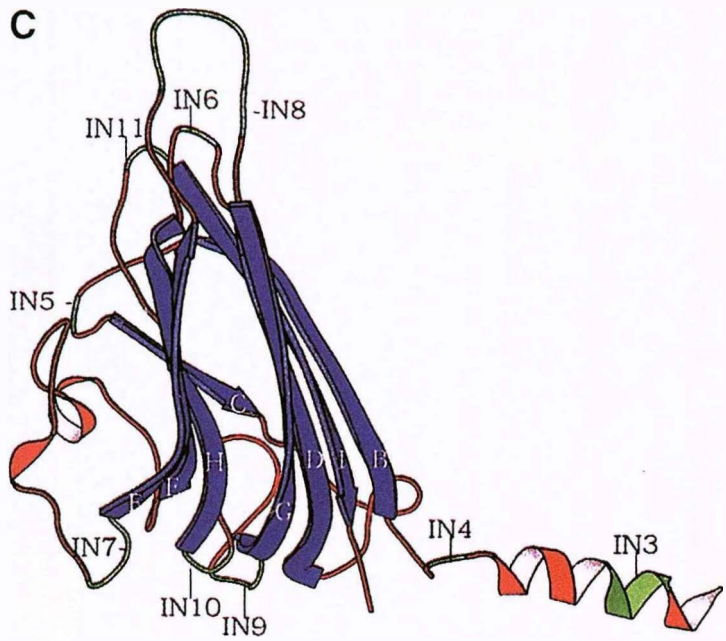


Fig 7 : Modèle tridimensionnel de la protéine de capside du MSV.

population de cicadelles d'une espèce non vectrice *C. chinaï*. Les tests de transmission naturelles et artificielles du MSV et du *Digitaria streak mastrevirus* (DSV), confirment que le MSV est transmissible par *C. chinaï* si le virus est injecté directement dans l'hémolymphe, contrairement au DSV.

L'alimentation continue sur plante virosée montre que l'accumulation du MSV chez *C. chinaï* est limitée à un seuil, à l'inverse de chez *C. mbila*. La persistance du MSV, dans les insectes entiers et dans l'intestin, l'hémolymphe et la tête des insectes disséqués, est étudiée après une période d'acquisition alimentaire infectieuse de trois jours.

Le MSV est détecté pendant une dizaine de jours chez *C. chinaï* et pendant tout le test (25 jours) chez *C. mbila*.

Dans le cas de la non transmission, nous avons montré que la paroi intestinale représente une barrière physique pour le virus. Tandis que pour le couple MSV/*C. mbila*, un passage rapide du virus (3 heures), de l'intestin vers l'hémolymphe, a été observé. La persistance d'une charge virale stable dans les glandes salivaires d'environ 1.5 x 10^4 copies d'Adn viral par insecte, suggère un flux polarisé des virions à partir de l'hémolymphe et de l'intestin, où la concentration en virus est décroissante pendant tout le test. Ces données quantitatives nous ont permis de proposer un modèle dynamique de la transmission circulante non multipliante des géminivirus par cicadelles.

Identification et cartographie des motifs de la protéine de capside du MSV impliqués dans la transmission :

Nos travaux ont montré que la paroi intestinale de *C. mbila* représente une barrière majeure à la transmission du MSV. La spécificité de ce passage trans-membranaire suggère l'intervention d'un mécanisme d'endocytose récepteur dépendant entre la protéine de capside (CP) du virus et un récepteur intestinal. A partir du modèle 3D de la protéine de capside du MSV proposé par Zhang et al. (2001, Virology, 279 : 471-477) et de la comparaison de la séquence nucléotidique entre la CP du MSV et de celle du *Digitaria streak virus* (DSV), nous avons proposé l'intervention des boucles 6, 8 et 11 de la CP du MSV dans la spécificité de transmission (Fig. 7). Pour valider notre hypothèse, nous prévoyons de créer artificiellement des variants par mutagenèse dirigée, en intégrant les boucles 6, 8 et 11 du MSV dans celle du DSV, naturellement non transmis par le genre *Cicadulina* mais par une autre cicadelle *Nesoclutha declivata*. Les travaux de mutagenèse sont actuellement en cours.

J.M. Lett

Les mouches des fruits et des légumes-fruits (*Tephritidae*)

Mouche des cucurbitaceae

Les mouches des légumes provoquent des dégâts importants sur Cucurbitaceae. Ainsi les nombreux traitements phytosanitaires utilisés pour contrôler ces ravageurs empêchent le développement d'une protection intégrée sur ces cultures. L'objectif est donc de mettre en place une méthode de traitement par taches (mélange attractif + insecticide) du même type que pour les mouches des fruits (*Ceratitis spp.*) en arboriculture fruitière.

Des essais d'attractifs alimentaires sur la mouche du melon (*Bactrocera cucurbitae*) ont été conduits en cages extérieures en disposant vingt plants de citrouille pour créer un environnement semi-naturel et permettant une répartition plus homogène des insectes dans les cages. Les attractifs alimentaires sont proposés dans des pièges Mc Phail.

Les travaux ont porté sur l'optimisation des différents attractifs. Plusieurs essais avec des apports d'adjuvants (Borax, ammonium acétate...) à différentes concentrations ont montré des

résultats négatifs. L'optimisation du pH des solutions utilisées semble par contre prometteuse. Ainsi l'attractivité du Buminal sur *Bactrocera cucurbitae* peut être multipliée par deux si on passe de pH6 à pH3 (Fig. 8).

Différentes levures sont utilisées comme attractifs pour les mouches des fruits dans plusieurs pays. La levure de Torula possède une attractivité aussi importante que la référence américaine Nulure. Les déchets de levures de brasseries mauriciens et kenyans présentent une attractivité moins importante que le Torula mais elle peut être améliorée par une augmentation du pH. Les déchets de levures de brasseries locales doivent être testés.

Différents procédés pourront ensuite être comparés en vue de la stabilisation et de l'amélioration de l'attractivité de ces produits.

P. Ryckewaert

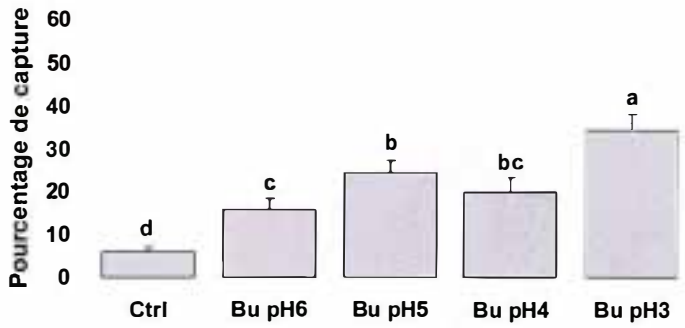


Fig 8 : Amélioration de l'attractivité du Buminal ® par diminution du pH sur la mouche du melon (Bactrocera cucurbitain)

Dynamique des populations des mouches des fruits

L'étude de dynamique des populations de mouches des fruits menée par S. Quilici et son équipe (Poseïdom 94/98), avait permis la collecte de nombreuses données de piégeage hebdomadaire, avec différents attractifs (sexuels, alimentaires...) sur une cinquantaine de sites à travers l'île (cf. Rapport Annuel 2000). Ces sites étaient positionnés à proximité de stations météorologiques de Météo France ou du Cirad afin de disposer de données sur les conditions climatiques de 1994 à 1998. Par ailleurs, la floristique propre à chaque site était suivie de manière hebdomadaire (espèces de plantes présentes, quantité relative, nombre de fruits et appétence). La collaboration avec l'Inra Avignon s'est poursuivie pour traiter la masse conséquente de données ainsi constituée et un outil de Système d'information géographique (Sig) a été mis en place.

Suite à cela, des données comportementales sur les mouches sont en cours d'ajout pour compléter la base. L'élaboration de modèles spatiaux pour estimer le nombre de *C. rosa* capturées sur un site pilote en fonction des facteurs floristiques est commencée.

Comportement et méthodes de lutte contre les mouches des fruits

En matière de bio-écologie des mouches des fruits, une enquête réalisée dans différentes zones de l'île a permis d'inventorier les espèces de *Formicidae* présentes en vergers de manguiers et de démontrer la nette dominance de *Solenopsis geminata*. Une étude préliminaire du comportement de cette espèce et de sa prédation vis-à-vis des larves de *Tephritidae* indique qu'il s'agit d'un prédateur omnivore à comportement alimentaire opportuniste. L'espèce a un fort potentiel prédateur sur les asticots avant leur enfouissement et constitue probablement un facteur de régulation naturelle important des populations de *Tephritidae* en vergers.

Les travaux sur l'optimisation des systèmes de piégeage pour les femelles de *Ceratitis* spp., ont permis de définir les meilleures variantes dans l'utilisation des pièges McPhail en plastique pour leur capture en vue d'une lutte biotechnique (fig. 9).

En outre, différents documents de vulgarisation ont été produits, en collaboration avec le Spv Réunion :

- Un film de 28 mn faisant le bilan des acquis du programme dans les différentes îles de l'Océan Indien,
- Une nouvelle édition du Vade-Mecum sur la quarantaine et les risques d'importation de mouches des fruits,
- Un guide illustré sur les plantes-hôtes des mouches des fruits dans la région océan indien, largement diffusé au niveau régional.

L'enquête écologique sur les parasitoïdes de *Tephritidae* s'est poursuivie en 2001. Elle a permis une nouvelle évaluation de l'impact des parasitoïdes importés, confirmant l'acclimatation de *Psyttalia fletcheri,* parasitoïde de la mouche du

Dispositif en grande cage extérieure permettant de tester différents attractifs sur les Tephritidae. (P.F. Duyck)

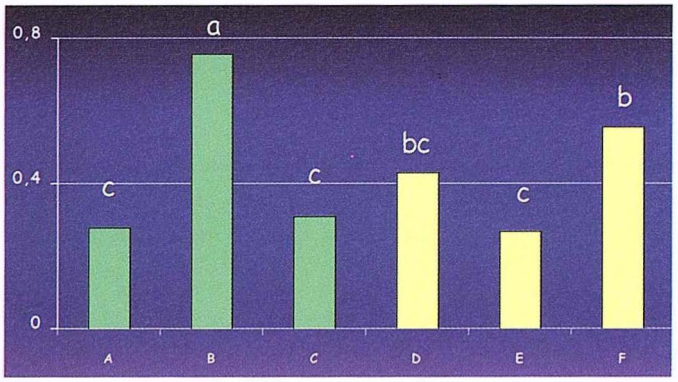
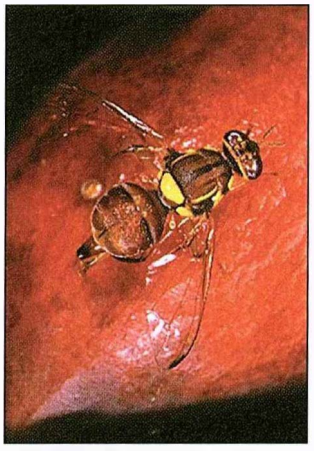


Fig 9 : Efficacité relative de différents systèmes de piégeage à base de " 3 leurres" pour la capture des femelles de Ceratitis rosa en parcelle d'agrumes (Nb moyen de mouches / piège / jour) (A = Nulure ; B = Triton ; C = Propylène Glycol D = Dichlorvos E = Deltaméthrine F = Carton englué).



Femelle de Bactrocera zonata sur fruit de badamier. (A. Franck)

melon et, au contraire, l'absence d'acclimatation de *Diachasmimorpha tryoni*, parasitoïde de *Ceratitis capitata*. En outre, un point actualisé a été fait sur le statut des parasitoïdes indigènes de *Tephritidae*. Une tentative d'introduction d'un *Psyttalia* sp. d'origine africaine (pupes parasitées provenant de l'Icipe, Kenya), parasitoïde de *Ceratitis rosa* a été menée. Malheureusement, le faible nombre de parasitoïdes qui ont émergé des pupes et le sex-ratio biaisé n'ont pas permis d'obtenir une descendance.

Mouche de la pêche

La cartographie des piégeages de la mouche de la pêche *Bactrocera zonata* en zone d'éradication et en zone de surveillance s'est poursuivie durant le premier semestre 2001. On a ainsi pu constater une dispersion des populations sur l'ensemble des zones littorales de l'île, avec une plus forte concentration des populations dans le Nord (St-Denis, Ste-Marie) et le Nord-Ouest (La Possession, La Rivière-des-Galets).

La réalisation d'un inventaire des plantes-hôtes de la mouche de la pêche a été initiée depuis mars 2001. De mars à septembre 2001, dix espèces ont pu être identifiées comme fruits-hôtes (avocat, noix de badame, élengi, goyave, grenade, jamrosat, jujube, mangue, pomélo, vangassay).

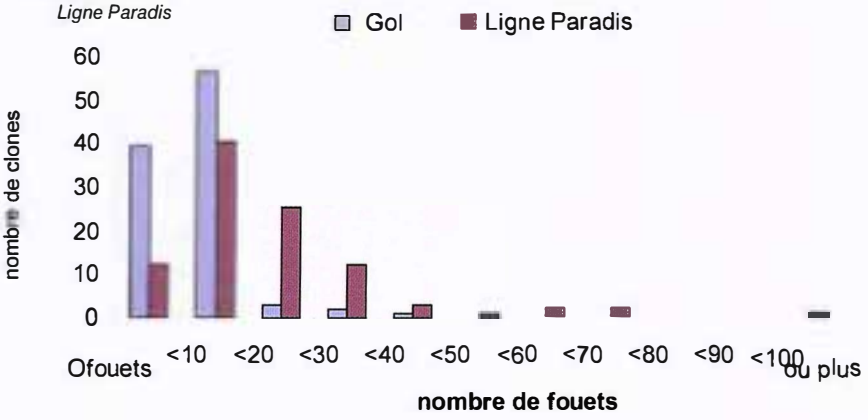
B. Hurtrel, S. Quilici

Résistance des plantes aux bioagresseurs

Etude du déterminisme génétique de la résistance à la maladie du charbon de la canne à sucre

Le charbon de la canne à sucre est une maladie majeure au niveau mondial. La résistance à cette maladie est une préoccupation permanente pour tous les programmes de sélection.

Fig 10 : Distribution des clones en fonction du nombre de fouets produits en vierge dans l'essai préliminaire du GoI et dans l'essai de Ligne Paradis



A la Réunion, un travail lourd de cartographie génétique et de détection de QTL's a été entrepris afin de mieux comprendre le déterminisme génétique de cette maladie.

Ce projet implique le recoupement de résultats provenant de travaux de génotypage moléculaire et d'évaluations sur le terrain de la résistance au charbon de la descendance étudiée. Un nouvel essai a été mis en place sur la station du GoI (Cerf) dans le but d'évaluer la résistance au charbon de 196 clones du croisement R570 castrée x MQ 76/53. Cet essai est une répétition de l'essai planté l'an dernier sur la station Cirad de Ligne Paradis. La fig.10 compare les résultats obtenus dans l'essai préliminaire (sans touffes infestantes) et dans l'essai planté à Ligne Paradis (avec des touffes infestantes régulièrement intercalées). Le dispositif utilisé semble performant.

Les travaux de cartographie génétique à l'aide des marqueurs Aflp se poursuivent. Les autoradiogrammes produits en 2000 avec 11 couples d'amorces Aflp ont été codés et ont permis de générer près de 340 marqueurs polymorphes exploitables pour la détection de liaisons entre marqueurs et caractères. Cette année 11 nouveaux couples d'amorces Aflp ont été utilisés. Les profils obtenus sont en cours de codage (fig. 11).

Ils devraient générer à peu près le même nombre de marqueurs. L'effort de marquage devra être poursuivi et intensifié pour être en mesure de couvrir les 120-140 chromosomes de chacun des deux parents du croisement étudié.

En effet, la canne à sucre présente un génome extrêmement complexe fortement polyploïde, aneuploïde et ayant une origine interspécifique.

L.M. Raboin

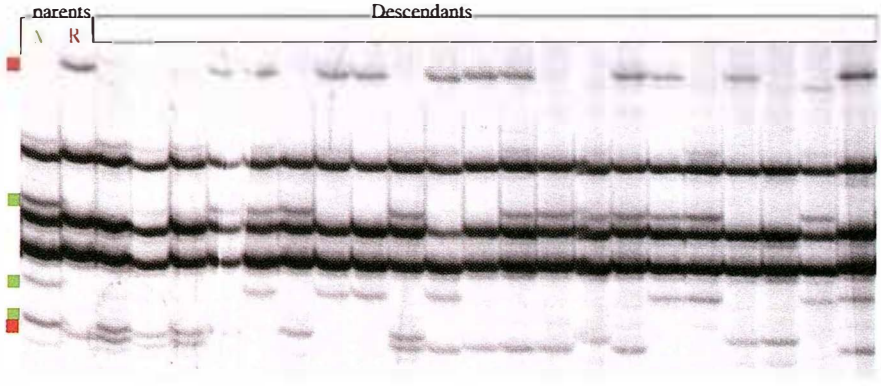


Fig 11 :
Extrait d'un profil AFLP autoradiographié montrant des marqueurs en ségrégation dans la descendance entre la variété R 570 et la variété MQ76/53. En rouge figurent les marqueurs simplex spécifiques du parent R570 et en vert les marqueurs spécifiques du parent MQ 76/53 qui ségrègent selon un ratio présence / absence de 1:1

La résistance aux maladies virales transmises par insectes vecteurs chez le maïs

La connaissance des facteurs de résistance du maïs aux maladies virales transmises par des insectes est un enjeu important pour la culture du maïs à la Réunion et dans beaucoup de zones tropicales.

La résistance au virus du stripe (MSTv), transmis par le *delphacide Peregrinus*. maidis, a été pour la première fois identifiée dans des lignées homozygotes obtenues à partir de populations de maïs de la Réunion.

Des évaluations comparées au champ, dans une même gamme de lignées, de résistances partielles vis à vis des virus du stripe et de la mosaïque, tous deux transmis par ***P. maidis***, ont permis d'émettre l'hypothèse qu'il existe deux types de résistance au MSTv dans la plante (1) : une résistance à l'insecte vecteur, non spécifique du virus, qui se traduirait par une probabilité moindre de transmission du virus à la plante, avec pour conséquence surtout une diminution de l'incidence de la maladie au champ (2) ; une résistance spécifique du virus qui interviendrait à un ou plusieurs niveaux du cycle replicatif du pathogène dans la plante et qui pourrait à la fois diminuer l'incidence et la sévérité de la maladie. Des études en laboratoire par la technique d'électro-pénétrographie (EPG) sont venues renforcer l'hypothèse de la présence d'une résistance au vecteur. La présence de ces deux niveaux de résistance dans la plante expliquerait les résistances partielles fortes observées dans certaines lignées.

La cartographie des facteurs génétiques présents dans deux populations représentant deux sources de résistance éloignées (Réunion et Caraïbes), peut permettre de mieux disséquer cette résistance et de comprendre à quel niveau les QTL majeurs ou à effet fort sont impliqués. On a ainsi montré que la résistance forte mais incomplète au MStV, dans la lignée Rev81 (Réunion), repose sur un système oligogénique mettant en jeu un QTL majeur, complémenté par deux QTL à effet fort et un certain nombre de QTL mineurs. Le but est de comparer ce système à celui présent dans la lignée MP705 (Antigua), de façon à savoir (i) si le QTL majeur identifié sur le chromosome 2 est conservé dans les deux sources de résistance, (ii) si ce QTL est associé à la résistance à l'insecte ou bien au virus. Une population de lignées recombinantes, représentant la source de résistance originaire des Caraïbes, fait donc l'objet également d'une cartographie de la résistance au MStV.

La possibilité de tester cette population vis à vis du MStV et du MMV parallèlement peut permettre d'associer les QTL détectés à la résistance au vecteur ou au virus.

L'année 2001 a été essentiellement consacrée à la construction de cette deuxième carte et aux tests des descendances.

Par ailleurs, une étude EPG a été conduite sur les extrêmes phénotypiques de cette population pour l'incidence de la maladie, de façon à voir si la résistance mesurée au champ pouvait être reliée à un comportement alimentaire perturbé de l'insecte.

Concentration virale (MStpV) en fonction du pourcentage de surface chlorotique

Fig. 12

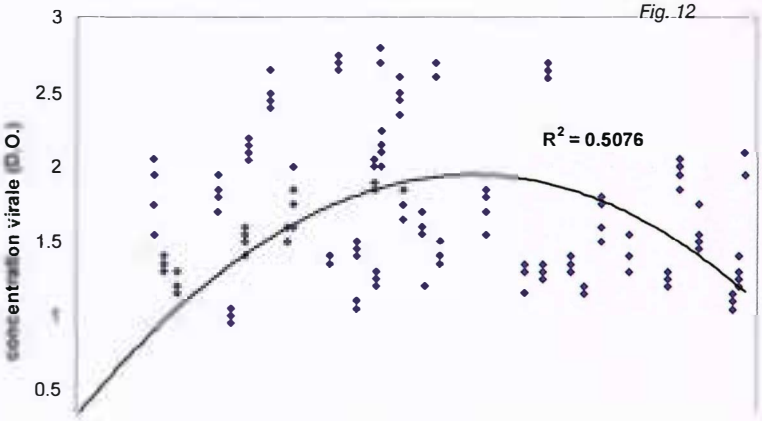


Fig. 12 : Evolution de la concentration virale en fonction des symptômes foliaires (données obtenues sur des plants de la population de RILs F6 [MP705 x B73] à l'issue de 5 répétitions dans le temps)

Concentration en chlorophylle en fonction des notes visuelles

Fig. 13

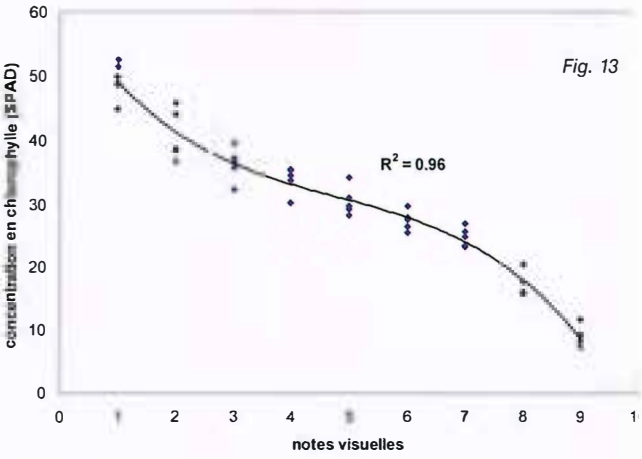


Fig. 13 : Relations entre notes visuelles et concentration en chlorophylle (SPAD) (données obtenues sur des plants de la population de RILs F6 [MP705 x B73], à l'issue de 5 répétitions dans le temps).

Variété de piment local "gros piment". (M. Roux-Cuvelier.)

Semences de légumes "lontan ". (M. Roux-Cuvelier.)

L'analyse en composantes principales a montré, comme dans le cas des lignées parentales, mais de façon beaucoup plus atténuée, que les variables de l'alimentation dans le phloème discriminent les génotypes résistants des sensibles. Cela tend à indiquer que la résistance mesurée au champ est, au moins pour partie et du moins pour sa composante incidence, liée au comportement alimentaire de l'insecte. Parallèlement, une étude pour connaître la validité et les limites de notre système d'évaluation symptomatologique visuel au champ a permis de montrer qu'il existait des relations étroites entre l'intensité des symptômes observés, la présence du virus et les dégâts au niveau cellulaire (Fig. 12). On observe bien une augmentation de la charge virale dans les tissus foliaires en fonction de la note de sévérité des symptômes. Cette augmentation n'est pas linéaire et semble correspondre à une évolution classique de la multiplication d'un virus dans une plante ne présentant pas de tolérance à la maladie : une phase de multiplication précoce et exponentielle, difficile à mettre en évidence, suivie d'un plateau et d'une décroissance due à la dégradation des cellules. Cette même tendance se retrouve avec la concentration en chlorophylle qui se révèle un excellent indicateur de l'envahissement des cellules par le virus (Fig. 13).

J. Dintinger

Production et certification de matériel végétal sain

Cette opération a pour objectif la mise en place, à la Réunion, d'une organisation locale en accord avec la réglementation européenne pour produire et certifier du matériel végétal sain et conforme sur le plan variétal ; il s'agit, à plus ou moins long terme, d'englober toutes les espèces multipliées à la Réunion dans un processus de certification, ou tout au moins de normalisation et de traçabilité, avec mise en œuvre de cahiers des charges précis et de règlements techniques officiels.

Amélioration de la qualité des semences et plants maraîchers

Afin d'appliquer la réglementation "norme CE" à l'ensemble de la production de semences et plants maraîchers, il est nécessaire d'inscrire au catalogue officiel des variétés spécifiques de la Réunion. Cela concerne l'aubergine, le piment, le concombre, les citrouilles et à terme les légumes "lontan".

Un premier travail portant sur la caractérisation phénotypique de variétés d'aubergines et de piments a été réalisé en 2001. Les résultats montrent une hétérogénéité importante pour les variétés de piment (Gros piment, piment "Maurice") alors que l'aubergine montre une homogénéité suffisante (normes Upov) pour certaines populations. Ce travail sera poursuivi à plus large échelle en 2002.

Création d'une nouvelle variété d'oignon

L'objectif est la création d'une nouvelle variété d'oignon, issue de croisements entre des variétés introduites et sélectionnées en 1999 et 2000 et la variété locale "Véronique". L'aptitude à la floraison

des variétés introduites (origine Usa, Israël et Brésil) a été testée.
Seules les variétés d'origine brésilienne (IPA 3, 6 et 10) ont fleuri correctement avec un important décalage de cycle (+1 mois) par rapport à la variété "Véronique".
Différentes méthodes de pollinisation ont été testées et les meilleurs résultats ont été obtenus avec la technique de pollinisation au pinceau qui permet un gain de production de graines hybrides variant de 28% à 388% en fonction des variétés (fig. 14) . Ces résultats serviront à la poursuite des travaux de croisement et à la mise au point de critères de différenciation entre graines hybrides et graines issues d'autofécondation.

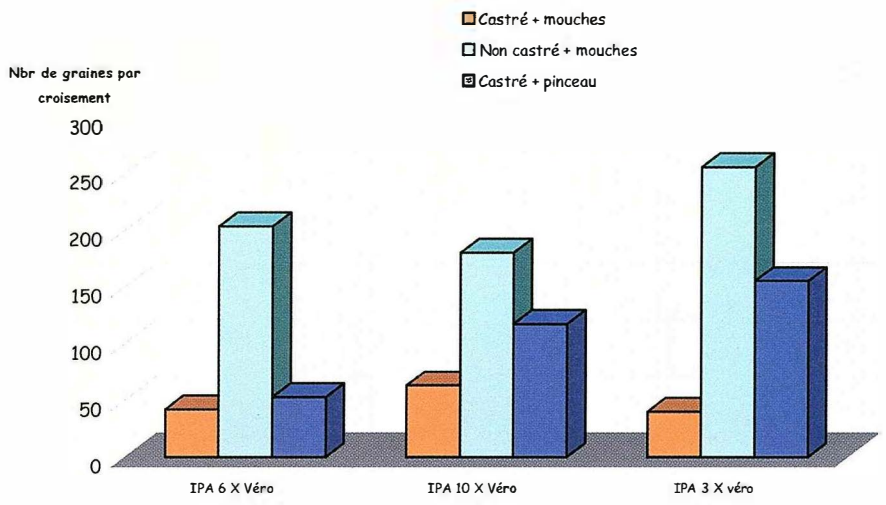


Fig 14 : comparaison de trois méthodes de pollinisation de l'oignon.

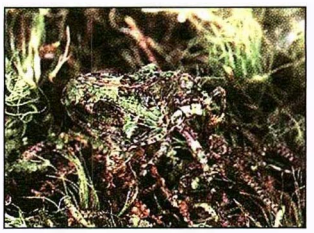
Certification sanitaire de lianes de vanille
Cette action a été concrétisée en 2001 par la validation par le Soc (Service officiel de Contrôle) du "Règlement technique de production de lianes de vanille indemne de CyMV (*Cymbidium Mosaïc potexVirus*)" et la fourniture au producteur matériel végétal sain. Dès 2002, ce règlement sera applicable pour la certification de lianes de vanilles produites par les professionnels.
Les autres travaux concernent l'amélioration de la production de plants fruitiers avec la mise en place des structures de production de matériel de base d'agrumes indemne de maladie et conforme sur le plan variétal, la production de semences de départ de maïs et l'appui au projet de ferme semencière qui se mettra en place courant 2002.
Un laboratoire d'analyse technologique des semences (faculté germinative, pureté spécifique, variétale...) a été installé dans les nouvelles infrastructures du 3P .

M. Roux-Cuvelier

La résistance au flétrissement bactérien chez les solanacées

La plupart des lignées de tomate fournies par l'Inra soit de Guadeloupe, soit d'Avignon sont résistantes ou peu sensibles à la souche de race 1 de *Ralstonia solanacearum* - ce qui est connu - mais la presque totalité est sensible, voire très sensible à la souche de race 3 et seules quelques lignées issues de Hawaii 7996 présentent une moindre sensibilité. C'est la raison du choix d'analyser le comportement d'un matériel issu de Hawaii 7996, déjà créé pour faire la cartographie de la résistance de la tomate à la race 1 de *Ralstonia solanacearum* : il s'agit de familles F3 provenant du croisement d'un parent sensible Wva700 avec Hawaii 7996.
Les individus F3 des 189 familles disponibles, multipliés par bouturage, ont été inoculés une première fois en septembre (température moyenne inférieure à 25°C) par la souche réunionnaise de race 3 ; les résultats indiquent que la descendance du croisement est globalement sensible à la race 3 puisque seulement 12% des familles montrent un taux de flétrissement inférieur à 50%. Une seconde expérimentation mise en place en novembre (température moyenne proche de 28°C) fournit des résultats quelque peu différents puisque plus de 25% des familles expriment un taux de flétrissement inférieur à 50% et 9 familles un taux égal à zéro. Ces deux groupes de résultats, nullement en contradiction, montrent l'influence de la température d'incubation sur l'expression du pouvoir pathogène de la souche de race 3, les températures plus fraîches étant plus favorables au développement de la maladie. Une analyse des populations bactériennes présentes dans les individus non flétris à l'issue des expérimentations confirme une présence régulière et abondante de *Ralstonia solanacearum* dans le système racinaire, des populations plus ou moins élevées pouvant être retrouvées au milieu de la tige et même dans la partie supérieure, suggérant alors que le comportement de la grande majorité des individus non flétris s'apparenterait plus à de la tolérance qu'à de la résistance.

J. Luisetti (Inra)



Tylana cristata (issidæ).
Camouflage dans les bryophites
(A. Franck et M. Attié)

Connaissance de la bio-diversité pour une meilleure gestion des relations entre espaces cultivés et milieux naturels en zone tropicale

Evaluation de la richesse entomologique des milieux indigènes

L'étude sur l'entomofaune des écosystèmes indigènes porte sur 4 principaux groupes d'insectes : les Lépidoptères, les Coléoptères, les Hémiptères (Fulgoromorphes et Cicadomorphes) et les Hyménoptères. Cette étude a permis d'échantillonner des insectes à l'aide de pièges malaises au sol et de pièges malaises suspendus en forêt mégatherme de basse altitude à Mare-Longue (270 m) et en forêt mégatherme de moyenne altitude à la Plaine des Fougères (750-800 m). Dans chaque site d'étude, plusieurs milieux sont pris en compte, deux à Mare-Longue (milieu préservé en réserve naturelle et milieu perturbé envahi par des pestes végétales (*Clidemia hirta, Rubus alceifolius* ...) et trois à la Plaine des Fougères, caractérisés par des degrés différents d'envahissement par le Goyavier, *Psidium cattleianum (Myrtaceae).* Dans un premier temps les diverses espèces de Fulgoromorphes et de Cicadomorphes capturées avec des pièges dans la réserve naturelle de la forêt de Mare-Longue ont été identifiées et quantifiées .

A Mare-Longue, la diversité spécifique en Fulgores est relativement importante avec 23 espèces et sous-espèces sur un total de 71 connues. Elles sont réparties dans 8 des 10 familles que compte ce sous-ordre à la Réunion (cf. tabl. 1). Les Fulgores identifiés sont principalement endémiques de la Réunion (39 %) ou de la Réunion et de Maurice (48 %). Ainsi 20 des 23 espèces ou sous-espèces sont endémiques de la Réunion ou des deux îles soit 87 % d'endémisme au sens large

Plusieurs espèces sont signalées pour la première fois à Mare-Longue (1b) ou à la Réunion comme par exemple *Tylana cristata* (Issidae) et *Cocottea verecunda* (Achilidae) (1c).

Les Cicadomorphes sont ici peu représentés. De plus, les espèces observées correspondent à des formes nouvelles inféodées aux milieux forestiers comme par exemple le genre *Xestocephalus* (Cicadellidae).

Comparaison entre un milieu préservé (réserve naturelle) et un milieu perturbé

Les 18 espèces de Fulgores recensées en réserve naturelle et les 15 présentes en milieu perturbé sont essentiellement des espèces indigènes pour la plupart endémiques au sens large. Aucune différence significative (test de Fisher) n'a pu être observée entre les deux types de milieux pour ce qui concerne le nombre d'espèces quel que soit le type de piège ou la saison. La diversité spécifique semble donc bien conservée dans ce type de milieu régulièrement perturbé. Ceci est vraisemblablement lié à la proximité géographique du milieu préservé susceptible de constituer un foyer de dissémination. L'identification des plantes hôtes des Fulgores réalisée par ailleurs, a permis de relier l'absence de plusieurs espèces avec l'absence de leur plante-hôte. L'analyse des échantillons de Fulgoromorphes et de Cicadomorphes montre pour plusieurs espèces des différences quantitatives significatives (test binomial exact) entre la réserve naturelle et le milieu perturbé ou les effectifs y sont généralement plus élevés.

La composition floristique et le degré d'ouverture du milieu sont des facteurs influençant fortement la dynamique de population des espèces.

Parmi les autres groupes d'insectes retenus pour l'étude, l'identification des hyménoptères est en cours avec l'aide du Laboratoire faunistique du Cirad à Montpellier. Plus de 300 espèces ont déjà été identifiées.

L'étude de la distribution des espèces et des effectifs sur une année permettra :

- d'identifier l'assemblage d'espèces qui caractérise les milieux étudiés,
- de déterminer s'il existe, en réserve naturelle, une composition entomologique particulière,
- de mettre en évidence des insectes ou groupe

d'insectes permettant d'une part d'évaluer le niveau de diversité entomologique d'un milieu en fonction de son état de perturbation et d'autre part d'effectuer un suivi de l'évolution de la diversité entomologique au sein des espaces naturels.

La connaissance de la richesse entomologique des milieux naturels devrait également permettre de ne pas exclure systématiquement certaine zones "perturbées" des plans de programmation de mise en réserve.

M. Attié

Tableau 1

Liste des espèces de Fulgoromorphes recensées à Mare-Longue

Taxons	Réserve naturelle	Milieu perturbé	Répartition géographique
Achilidae			
Paraphypia macabeana	b		Réunion, Maurice
Cocottea verecunda		c	Réunion, Maurice
Cixiidae			
Achaemenes quinquespinosus	a	a	Réunion, Maurice, Madagascar
Brixia belouvensis aurata	a	a	Réunion
Brixia belouvensis belouvensis	a	a	Réunion
Brixia belouvensis bipunctata	b		Réunion
Brixia costalis		a	Réunion
Brixia insularis	a	a	Réunion
Oliarus sanctiphilippi	a	a	Réunion
Derbidae			
Aethocauda fusca	a	a	Réunion, Maurice
Muirileguatia borbonica		a	Réunion
Issidae			Réunion, Maurice
Tylana cristata	c	c	Réunion, Maurice
Tylana indecora	a	a	Réunion, Maurice
Tylana nigromaculata	d		Réunion, Maurice
Kinnaridae			
Nesomicrixia insularis	a	a	Réunion, Maurice
Meenoplidae			
Insulisia grisea n. sp.	b	b	Réunion
(en cours description, Bonfils et al.)			
Ricaniidae			
Tarundia servillei	a		Réunion, Maurice
Tropiduchidae			
Clardea unicolor	d		Réunion, Maurice
Conchyoptera unicolor	a	a	Réunion, Maurice, Madagascar
Cuneoceps insularis	a	a	Réunion, Maurice
Idiomyctus nigrostriatus	b		Réunion, Maurice
Idiomyctus notatulus	a		Réunion

a : espèce déjà signalée

b : nouveau signalement

c : nouvelle espèce pour la Réunion

d : espèce déjà signalée et non retrouvée au cours de l'étude

Synthèse bibliographique sur la biodiversité entomologique de La Réunion :

Dans le cadre d'une convention avec la "Mission Parc National", une synthèse préliminaire a été réalisée sur l'entomofaune des Hauts de la Réunion, en partenariat avec l'Insectarium de la Réunion et le Muséum d'Histoire Naturelle de St-Denis. Les travaux se sont concentrés sur certains ordres d'insectes *(Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera Auchenorrhyncha, Odonata)* et ont permis de cartographier les biotopes d'intérêt patrimonial pour la conservation des espèces endémiques de la Réunion ou des Mascareignes.

S. Quilici

Le Bulbul orphée (merle de Maurice)

Bulbul orphée (Pycnonotus jocosus, Pycnonotidae)

Le Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus, Pycnonotidae*) est un passereau originaire du sud-est asiatique. Introduit dans diverses parties du monde, il a montré une certaine efficacité dans la colonisation d'îles tropicales et notamment de l'île de la Réunion sur laquelle il est apparu au début des années 1970. La complexité du relief, la différence de pluviosité entre les deux versants ainsi que les variations de composition floristique qui en découlent, font de la Réunion un modèle pour l'étude des processus de colonisation. Le travail présenté ici, motivé à la fois par un enjeu agricole (dégâts sur cultures fruitières et florales) et par une problématique scientifique d'intérêt international (étude des processus de colonisation et notamment facteurs responsables de la distribution et de l'abondance d'une espèce, relations de mutualisme entre espèces envahissantes animales et végétales, étude de l'interface milieux naturels / milieux anthropisés...etc.) s'appuie sur une méthodologie multi-échelle.

Les résultats mettent en évidence des vitesses de colonisation différentes des versants, la préférence allant aux milieux chauds et pluvieux qui sont colonisés en premier et dont la densité de population est, encore à l'heure actuelle, largement supérieure à celle de l'autre versant. Une première modélisation à l'échelle biogéographique (régression multiple linéaire), a mis en évidence les influences conjointes de la distance aux points d'introduction, de l'interaction de cette distance et des reliefs, de la pluviométrie annuelle ainsi que du carré de l'altitude sur les abondances observées.

Les paysages rendent aussi compte de l'hétérogénéité de répartition de l'oiseau. Celui-ci ne se cantonne pas aux milieux anthropisés de basse altitude comme dans les autres pays qu'il a colonisés, ni comme les autres espèces introduites à la Réunion. Il pénètre dans les forêts, y compris dans les formations indigènes.

Néanmoins, les moyennes d'abondance les plus fortes restent dans le paysage canne à sucre où des dortoirs ont pu être observés. L'étude du régime alimentaire a montré une forte consommation de pestes végétales, dans lesquelles les espèces végétales invasives à cycle court sont bien représentées et qui pourraient à ce titre favoriser l'installation du bulbul sur les milieux les plus invasibles.

En conclusion, si cette première étude permettra sans doute d'améliorer les méthodes de lutte, celles-ci sont cependant loin d'être optimales. Une limitation des dégâts par choix agronomique pourrait ainsi compléter la stratégie existante, principalement basée sur la limitation des effectifs par piégeage. Il est d'autre part nécessaire d'envisager la sensibilisation de la population réunionnaise aux risques encourus par l'agriculture mais aussi par les milieux naturels (biodiversité classée dans les 25 les plus riches au niveau mondial) face à des introductions incontrôlées tant animales que végétales. Enfin, la nécessaire prévention de la colonisation de pays ou régions non encore touchées doit passer par la mise à disposition d'informations sur les espèces potentiellement dangereuses (critères d'identification, dynamique des populations) ainsi que la construction d'outils de diagnostic des invasions biologiques tels que : durée de la phase d'installation, modélisation spatiale de la propagation, marqueurs climatiques, structuraux, floristiques ou sociologiques permettant l'établissement de cartes à risques.

I. Mandon

Publications et Thèses

Bonfils J., Attié M., B. Reynaud, 2001. Un nouveau genre d'Issidae de l'île de la Réunion. *Borbonissus n. gen.* (Hemiptera, Fulgoromorpha). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 106 (3). pp. 217-224

Etienne J., Quilici, S., Marival, D., Franck, A.. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Psyllidae) in Guadeloupe. *Fruits*, 56 (5). pp. 307-315

Fock I., Collonnier C., Luisetti J., Purwito, A., Souvannavong, V., Vedel, F., Servaes, A., Ambroise, A., Kodja, H., Ducreux, G., Sihachackr, D., 2001. Use of *Solanum stenotomum* for introduction of resistance to bacterial wilt in somatic hybrids of potato. *Plant Physiol. Biochem*, 39, pp. 899-908

Gagnevin, L., Pruvost, O. 2001. Epidemiology and control of mango bacterial black spot. *Plant Dis*. 85. pp. 928-935

Gourdel S., Leclercq-Le Quillec, F., 2001. Coat Protein Gene of *Cymbidium mosaic virus* infecting *Vanilla fragans in Réunion Island. Journal of Phytopathology*, 149. pp. 561-564

Hurtrel B., Quilici, S., Nenon, J.P.,LeLannic, J. 2001. Preimaginal developmental biology of *Diachasmimorpha tryoni*, a parasitoid of the Mediterranean fruit fly. *Insect Science and its Application*, 21 (1). pp. 81-88

Jeuffrault E., Quilici, S. 2001. *Guide pratique à l'inspection phytosanitaire aux frontières (ports et aéroports) contre l'introduction des mouches des fruits d'importance économique pour la zone de l'Océan indien*. 2ème Edition (en français et en anglais). Doc. Prmf/Spv Réunion, 172 p

Langlais, C.,Ryckewaert P., H. Burford, 2001.*Guide to sheltered vegetable cultivation in the humid tropics*. Cirad, 91 p.

Leclercq-Le Quillec F., Riviere C., Lagorce A., 2001. Spread of Cymbidium mosaic potexvirus and potyviruses in Vanilla plants grown in shade houses in *Réunion Island. Fruits*, 56 (4). pp. 249-260

Lett, J.M., B., Reynaud, et M., Peterschmitt, 2001. Les mécanismes de la transmission circulante des virus de végétaux par insectes piqueurs-suceurs. *Virologie*, 5. pp. 169-181

Lett, J.M., Granier, M., Grondin, M., Turpin, P., Chiroleu, F., Peterschmitt, M., Reynaud, B. 2001. Electrical penetration graphs from *Cicadulina mbila* on maize, the fine structure of its stylet pathways and consequences for virus transmission efficiency. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101. pp. 93-103

Lett, J.M., Reynaud, B., Peterschmitt, M. 2001. Les mécanismes de la transmission circulante des virus de végétaux par insectes piqueurs-suceurs. *Virologie*, 5. pp. 169-181

Quilici S., Jeuffrault, E. 2001. *Plantes-hôtes des mouches des fruits : Maurice, Réunion, Seychelles*. Prmf/Coi. 227 p. + 312 phot. Coul

Ryckewaert, P., Alauzet, C., 2001. Characterization of *Bemisia* (Homoptera ; Aleyrodidae) from the Lesser Antilles by electrophoresis *J. Appl. Entomol.* 125 (5). pp. 263-266

Communications à congrès

39th South African Society for Plant Pathology Congress. 21-24 January 2001. Greenway Woods, South Africa

Gagnevin, L., Pruvost, O., Hoarau, J.J., Gloriès, V., Couteau, A. 2001. (Invité) *Relation between population structure and pathogenicity* of Xanthomonas pv. mangiferaeindicae *on mango and Brazilian pepper*. p. 12

Pruvost, O., Gagnevin, L., Gloriès, V., Couteau, A., Mete, K., Flahaut, B. 2001. (Invité) *Epidemiology and population structure of* Xanthomonas pv. mangiferaeindicae *present on partially resistant and susceptible mango cultivars*. p. 11

5ème congrès Soc. Française de Phytopathologie. 26-29 mars 2001. Angers

Gagnevin, L., Flahaut, B., Glories, V., Pruvost, O. 2001. *Étude de l'influence de l'hôte sur la structure des populations de Xanthomonas pv. mangiferaeindicae, agent de la maladie des taches noires du manguier par typage moléculaire à l'aide de l'IS1595 et d'un gène d'avirulence*. p. 28

Pruvost, O., Gagnevin, L., Glories, V., Couteau, A., Mete, K. 2001. *Epidémiologie moléculaire de la maladie des taches noires du manguier : intérêt de l'IS1595 en tant qu'outil de typage*. p. 37

75th South African Sugarcane Technologists Association congress, 31 juillet – 3 août 2001, Durban, Afrique du Sud

Goebel R., Tabone E., Rochat J., Fernandez E. 2001 *Biological control of the sugarcane stem borer* Chilo sacchariphagus *(Lep: pyralidae) in Réunion Island : current and future studies on the use of* Trichogramma sp. pp171–174

Raboin, L.M., D'Hont A. *A sugarcane genetic database*. p. 252

Raboin, L.M., Offmann, B., Hoarau, J.Y., Notaise, J., Costet, L., Telismar, H., Roques, D., Rott, P., Glaszmann, J.C., D'Hont, A. *Undertaking genetic mapping of sugarcane smut resistance*. pp. 94-98

Rochat J., Goebel R., Tabone E., Bègue J.M., Fernandez E., Tibère R., Gauvin J.C., Vercambre B. 2001. *Integrated control of the sugarcane spotted stalk borer* Chilo sacchariphagus *(Lep.: Pyralidae) in Reunion Island*. pp. 253–254

Vercambre B., Goebel R., Cao Anh D., Rochat J. 2001. *Available methods for assessing varietal resitance to sugarcane stalkborers*. Pp. 175–179

International society of sugar cane technologists congress. 16-21 september 2001. Brisbane, Australia

Hoarau J.Y., Grivet L., Offmann B., Payet J, Raboin L.M., Hellmann M., Roques D., Rott P., Glaszmann J.C., D'Hont A., 2001. *Quantitative trait allele (Qta) for yield components in a modern sugarcane cultivar.* pp. 563-564

Rassaby L., Girard J.-C., Irey M.S., Lockhart B.E.L., Kodja H., Rott P., 2001. *Yellow leaf syndrome in sugarcane cultivars of Réunion Island: dynamics of ScylV in the plant and in the field.* pp. 251-255

4th Meeting of the African Fruit Fly Initiative, Icipe. 2001 Nairobi (Kenya)

Duyck P.F., Quilici, S. *Influence of temperature on the preimaginal development cycle of three* Ceratitis spp.

Malacrida, A.R., Osir, E., Zenz, N., Quilici, S., Gomulski, L.M., Torti, C., Bonizzoni, M., Gasperi, G. *Genetic approaches to the study* of Ceratitis cosyra, Ceratitis rosa and Ceratitis capitata (Tephritidae). 4 p.

Réunion Annuelle Cirad –Flhor. 3 au 6 septembre 2001. Montpellier

Cao-Van, P., Quilici, S, Bové, J.M., Garnier, M. *Le Huanglongbing au Vietnam*. p. 59.

Quilici S. *Avancées récentes des recherches sur les ravageurs des agrumes présentées au Congrès de l'ISC*, Orlando, 3-7/12/2000. p. 57

Quilici S., Ryckewaert, P., Hurtrel, B., Duyck, P.F., Fabre, F. 2001. *Evolution actuelle des recherches sur les mouches des fruits au Cirad-Flhor*. p. 56

Duyck P.F., Quilici, S. 2001. Etude comparée de la biologie du développement chez trois espèces de mouches des fruits (Ceratitis spp.) (Diptera : Tephritidae), nuisibles aux cultures fruitières à la Réunion. In *Proceedings Annual Meeting of Agricultural Scientists (AMAS), FARC (Food and Agricultural Research Council), Le Réduit, Mauritius*, May 3-4, 2001

D'Hont A., Garsmeur O., Raboin L.M., Paulet F., Begum D., Wing R., Glaszmann JC. 2001 Chromosome walking toward a major resistance gene for common rust of sugarcane. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane technol.*., 24. Brisbane sept 2001. pp 315-317

Rapports, posters et documents de vulgarisation

Coi / Ue, 2001. *Mouches des fruits dans le îles de l'Océan indien / Fruit flies in the Indian ocean islands.* Vidéo réalisée par Imago productions (28 min.). (Conseils scientifiques : E. Jeuffrault Daf-Spv Réunion, S. Quilici Cirad Réunion).

Costet L., 2001. Interprétation des résultats des essais de comportement de variétés de canne à sucre du Cerf vis-à-vis de l'échaudure des feuilles (*Xanthomonas albilineans*) et de la gommose (*Xanthomonas axonopodis* pv. vasculorum). 24 p.

Gérard S., Rakotomalala, S. 2001. Enquête sur la myrmécofaune des vergers à la Réunion. Etude préliminaire du comportement de *Solenopsis geminata* et de sa prédation sur les larves de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae). *Mémoire Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes (Mbpe)*, Université de la Réunion, 26 p + ann..

Lecoq J., 2001. Caractérisation du comportement alimentaire de *Peregrinus maidis* (Ashmead, 1890) en relation avec la resistance du maïs (*Zea mays*, L) au Maize Stripe Virus (MStV) , DAA protection des cultures, Ina Paris-Grignon, 29p + ann.

Litrico I., 2001. Evaluation des systèmes de piégeage pour certaines espèces de Tephritidae nuisibles aux cultures légumières à la Réunion. *Mémoire de stage préliminaire, Dea Biologie de l'Evolution et Ecologie*, Univ. de Montpellier II, 9 p + ann..

Boissot, N., Pavis, C., Urbino, C., Gamiette, F., Sauvion, N. (Inra Craag Guadeloupe), Reynaud, B., Chiroleu, F., Ryckewaert, P., Lett, J.M., Dintinger, J. Delatte, H. (Cirad 3P, Réunion), 2001. *Bemisia-Begomovirus-Cultures maraîchères : connaissance du pathosystème et construction de resistance durable.* Compte-rendu final du projet Inra Cirad n°21 financé par le fonds commun ,10p.

Raboin L.M. 2001. *Manuel d'utilisation de la base de données "Sugarcane genetic database"*.12 p.

Rassaby L., Girard J.-C., Irey M.S., Lockhart B.E.L., Kodja H., Rott P., 2001. *Poster Dynamique du Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) dans les variétés commerciales de canne à sucre à La Réunion.* 8èmes rencontres en virologie végétale d'Aussois, 11-15 mars 2001, Aussois, France, p 19.

Rioux V., 2001. Optimisation des systèmes de piégeage vis-à-vis des mouches des fruits (Dipt : .Tephritidae) économiquement importantes de l'île de la Réunion. *Mémoire Dess Valorisation des Productions Animales et Végétales*, Univ. de Corse, 31 p + ann..

Zettor A., Lokhat, A.K. 2001. Contribution à l'inventaire des Hemiptera Heteroptera de la Réunion. *Mémoire Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes (Mbpe)*, Université de la Réunion, 27 pp. + ann.

Agroalimentaire

La croissance démographique et l'augmentation du revenu moyen des ménages ont placé l'alimentation comme le premier secteur d'activité de la Réunion[1]. Une centaine de Pme agroalimentaires emploie 3400 salariés à laquelle il convient d'ajouter 1115 entreprises artisanales. Les effectifs salariés ont progressé de 22 % entre 1993 et 1998 créant ainsi 1000 emplois supplémentaires.

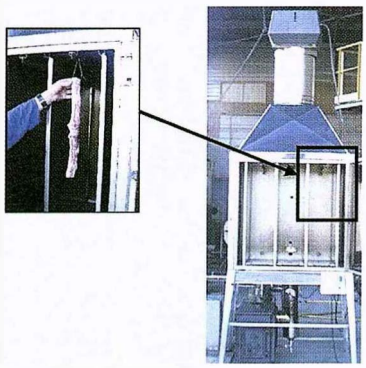
Le potentiel de développement semble encore important, en raison de l'essor démographique, de l'élévation du niveau de vie et de la mise en production de matières agricoles encore peu valorisées.

Pour améliorer sa capacité d'appui, le Cirad renforce progressivement ses recherches en agroalimentaire à la Réunion. Il a élargi en 2001 son champ d'action à la valorisation des productions végétales grâce à l'affectation en début d'année d'un spécialiste de la conservation en frais des fruits. La mise en place de cette thématique a nécessité un important investissement en matériel de laboratoire. La réhabilitation du laboratoire d'analyses chromatographiques permettra d'accéder à des mesures essentielles pour caractériser la qualité des produits étudiés. Un technicien doit être prochainement recruté pour assurer le bon fonctionnement de cet outil. Dans le domaine des produits carnés, une thèse soutenue au mois de juin, illustre bien la volonté que nous avons de trouver des réponses aux problèmes diagnostiqués au niveau de l'entreprise par la mise en place de recherches finalisées. Cet important travail d'évaluation de la qualité d'un produit traditionnel réunionnais, le boucané, va maintenant être valorisé pour qu'il profite aux artisans-charcutiers. La relation recherche – industrie est également illustrée par le sujet de recherche d'une étudiante en thèse dont l'objectif est de répondre à un problème technologique identifié au sein de l'entreprise Crête d'Or. Son travail portera sur l'amélioration des propriétés technologiques de la matière grasse de volaille qui constitue un important verrou à lever pour assurer un bon développement des produits de charcuterie 100% volaille. On notera également qu'un déploiement de l'activité du pôle au niveau régional a pu être initié avec l'appui de l'Agence universitaire pour la francophonie. Des liens se sont consolidés cette année avec des universitaires malgaches et mauriciens au travers de plusieurs missions qui ont mené au montage d'actions communes. Bien entendu, le pôle agroalimentaire du Cirad n'a pas vocation à répondre seul aux enjeux du secteur agroalimentaire. Cela explique son implication dans la réflexion conduite actuellement par les acteurs locaux et portant sur la création d'un pôle technologique agroalimentaire pluri-institutionnel à envergure régionale. Ce pôle aurait vocation à regrouper les activités agroalimentaires de l'Iut de St-Pierre, du Cirad, de la Cci et l'Eplea de St-Joseph. Ce rassemblement de compétences complémentaires (formation, recherche, appui au développement) et disposant d'installations et de matériel moderne (halle de technologie, laboratoires d'analyses) serait le meilleur garant d'une recherche-développement de qualité, pour accompagner efficacement le secteur des industries agroalimentaires aux niveaux local et régional.

A.Collignan

(1) Fusillier J.L., Dalphin A., Nef A., 2001. INSEE Economie de la Réunion. L'agroalimentaire, n°107, p 2-7.

Transformation des produits carnés
(viande, produits de la pêche et de l'aquaculture)



Pilote de fumage (M. Rivier)

Etude et amélioration du procédé de fabrication de boucané à la Réunion

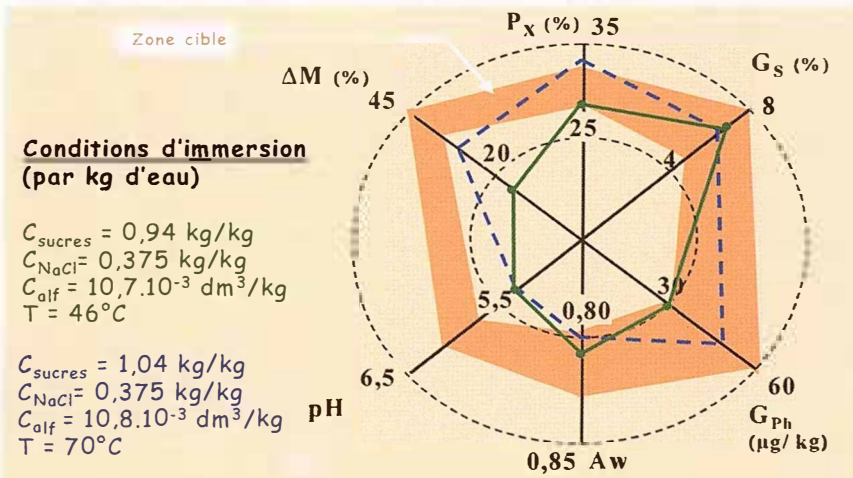
Le porc boucané est un produit de salaison traditionnel réunionnais élaboré à partir de poitrine de porc. Un travail de recherche a été mené avec comme double objectif de mieux comprendre le procédé artisanal, issu du savoir-faire ancestral et empirique, et de proposer des innovations dans un souci d'amélioration du procédé et de la qualité sanitaire du produit.

Le procédé innovant basé sur l'opération de déshydratation-imprégnation par immersion (Dii),décrit dans le rapport 2000, a été testé. L'utilisation d'un modèle de comportement prédictif a permis de dégager des zones optimales de fonctionnement (Fig. 1). Cette figure indique en orangé la zone cible (caractéristiques recherchées du produit artisanal de référence identifié lors d'étude de terrain antérieure), en traits vert ou bleu deux situations optimisant les conditions opératoires. Ainsi, on peut retrouver par immersion à 46°c (trait vert) les caractéristiques d'un produit proche du boucané artisanal réunionnais en terme de transferts et d'activité en eau (Aw), mais pas de couleur. Il faut atteindre 70°c (trait bleu) en effet pour que le produit immergé se rapproche le plus du boucané traditionnel en terme de couleur. Pour être transférable, cette innovation nécessite encore des travaux complémentaires afin d'améliorer la coloration du produit (opération complémentaire de type « grillage » par exemple) et réaliser le recyclage des solutions concentrées.

Aussi, une seconde innovation (fumoir à chaud à vocation artisanale) plus facilement applicable est actuellement testée à l'échelle du laboratoire en relation avec un artisan charcutier réunionnais, afin de proposer un procédé viable sur les plans économique, énergétique, sanitaire et organoleptique.

I. Poligné

Figure 1 : Résultats d'optimisation du procédé d'immersion en solution concentrée.



(ΔM: variation de masse; P_X: perte en eau; G_S : gain en sel; G_{Ph} : gain en phénols ; Aw : activité de l'eau; % : kg/100 kg de produit).

Amélioration des procédés de transformation de la viande de volaille

La viande de volaille est la viande la plus consommée à la Réunion (34 kg/an/habitant), du fait notamment de l'existence d'interdits religieux concernant le porc et le boeuf. La demande locale s'oriente de plus en plus vers des produits élaborés. La filière avicole étant demandeuse d'innovations, le Cirad a initié une collaboration avec la société Crête d'Or Entreprise en juin 2000.

La cuisson de la viande de volaille poursuit un double objectif de pasteurisation et de développement de propriétés sensorielles spécifiques. Différents produits de la société ont été instrumentés en cours de cuisson sur ligne de fabrication afin de suivre la température à coeur. Ces essais ont conduit à modifier les couples temps-température utilisés en cuisson pour préciser le degré de pasteurisation nécessaire et d'optimiser ainsi le rendement massique du procédé, sans nuire à la qualité organoleptique des produits.

La fabrication d'un saucisson sec met en jeu plusieurs facteurs qui contribuent par leurs actions à inhiber le développement des micro-organismes pathogènes et de la flore d'altération. Le développement de flore lactique permet d'inhiber les autres flores tout comme le lactate de sodium qui a montré son activité bactériostatique, voire bactéricide. La substitution du mélange de ferments initialement utilisé par l'entreprise (A) par un mélange de ferments plus acidifiant (B) dans la fabrication d'un

saucisson sec 100 % poulet influence notablement a qualité technologique des produits obtenus. Les saucissons fabriqués avec le nouveau mélange présentent un pH final plus bas (Fig 2), une charge en bactéries lactiques plus importante et une réquence de contamination par *Listeria monocytogenes* plus faible. D'autre part, un jury de trente consommateurs n'a pas fait de différence entre des saucissons secs traités avec l'un et l'autre de ces nélanges de ferments. L'ajout de lactate de sodium induit une augmentation du pH des saucissons secs (figure 2). L'effet inhibiteur de l'acidification par le lactate est plus marqué dans le cas de A que dans le cas de B.

Les essais de fractionnement de matière grasse de volaille réalisés en novembre 2000 en collaboration avec la société Fractionnement Tirtiaux (Fleurus, Belgique) ont montré que ce procédé présentait un ntérêt pour améliorer les propriétés technologiques de la graisse de volaille en vue d'une utilisation en charcuterie (limitation du suintement des produits finis). Aussi, un équipement de fractionnement pilote a-t-il été réalisé et est actuellement en phase de test.

Afin de proposer une alternative aux marinades actuelles, des essais de traitement de pilons de poulet en solution complexe (sel, sucre, acide, glucono-delta-lactone) ont été réalisés. On a constaté qu'il est possible de formuler de façon naîtrisée des produits marinés. Les premiers essais réalisés à l'échelle du laboratoire sur un équipement pilote d'immersion sous vide pulsé ont nontré l'intérêt de cette technique pour assurer ine formulation suffisante du produit malgré l'effet barrière lié à la peau.

F. Deumier

Coopération régionale sur la transformation des produits animaux

L'objectif général de cette action qui bénéficie d'un financement complémentaire de l'agence universitaire pour la francophonie (Fonds Ficu) est de développer une compétence sur les procédés traditionnels de conservation des produits animaux dans la zone de l'océan indien ainsi que de réfléchir à l'adaptation et l'implantation d'innovations techniques éprouvées sur d'autres sites de production pour une meilleure valorisation des productions locales.

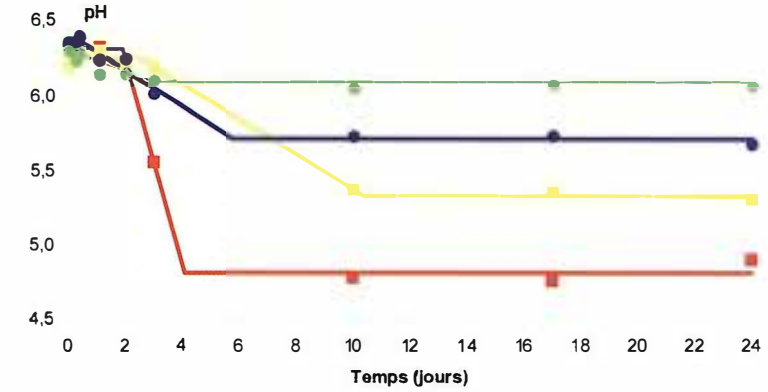


Figure 2. Evolution en cours de fabrication du pH (moyenne et intervalles de confiance à 95 %) de quatre saucissons secs fabriqués dans différentes conditions :

- *Mélange B et [Lactate] = 0 g/kg*
- *Mélange B et [Lactate] = 18 g/kg*
- *Mélange A et [Lactate] = 0 g/kg*
- *Mélange A et [Lactate] = 18 g/kg*

Déroulement

Un groupe de travail comprenant 9 représentants de plusieurs institutions ayant une compétence reconnue sur la thématique proposée a été constitué soit :

- Université d'Antananarivo (Madagascar)
- Université de Maurice (Maurice)
- Ensia (Massy-France)
- Cirad (Réunion et Montpellier).

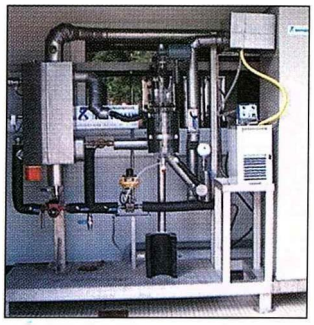
Le groupe de travail s'est réuni à deux reprises. (St Denis du 4-8 déc. 2000 ; Tananarive du 2 au 9 déc. 2001).

Mise en place d'un module de formation

Un cours d'une semaine sur la transformation a été adapté et complété afin de constituer un outil pour les formateurs des universités de Madagascar, de Maurice et de la Réunion. Dans le cadre du projet, deux interventions d'une quinzaine d'heures ont été réalisées à l'Iup agroalimentaire de la Réunion et à l'Essa de l'Université d'Antananarivo. Ces différentes interventions ont permis d'améliorer le contenu du cours, d'homogénéiser les interventions et de projeter la réalisation d'un cd-rom comme support pour les formateurs qui sera remis en fin de projet à chaque partenaire en juin 2002.

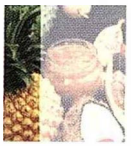
Réflexion et perspectives de collaboration

Dans le même temps, un atelier de réflexion a été mené sur les méthodes de conservation des produits animaux dans la zone de l'océan indien



Pilote de fractionnement de matières grasses (F. Deumier)

Pilote d'immersion sous vide pulsé (F. Deumier)



afin d'évaluer les collaborations qui pourraient être engagées par les différents partenaires sur cette thématique.

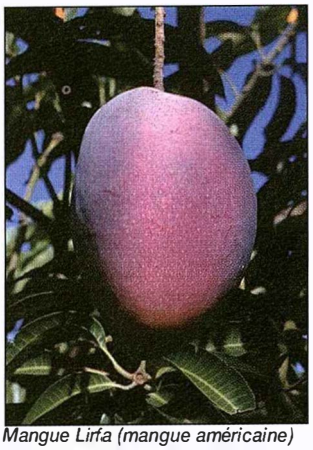
A Madagascar :

- Un projet portant sur l'état des techniques de transformation des produits carnés et sur l'introduction de nouvelles techniques performantes à Madagascar a été rédigé et déposé pour financement à la Banque Mondiale (Fonds d'appui pour le développement de l'enseignement supérieur). Il associe à Madagascar, l'Essa (coordonnateur), le Fofifa et le Cnre et en France, le Cirad (Réunion et Montpellier).

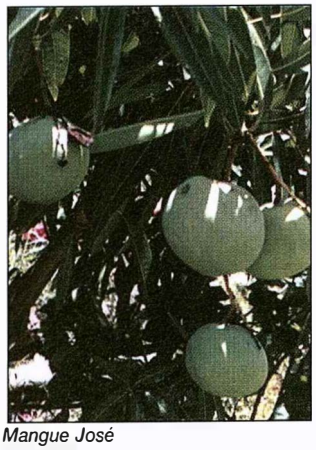
A l'île Maurice :

- Un dossier Auf de demande de soutien financier à la thèse de Sunita Santchurn (assistante de l'université de Maurice et participant au projet Ficu) a été rédigé. Sunita Santchurn initiera sa thèse en juin 2002 au pôle agroalimentaire du Cirad-Réunion en étant inscrite à la formation doctorale de l'Ensia de Massy. Son sujet de thèse porte sur l'étude d'un nouveau procédé de salaison appliqué à la venaison et intéresserait plusieurs pays de l'océan Indien (Maurice, Réunion, Zimbabwe).

A. Collignan



Mangue Lirfa (mangue américaine) (M. Jannoyer)



Mangue José (J. Joas)

Caractérisation et traitement post-récolte des productions végétales

Conservation en frais des fruits

L'aptitude à la conservation d'un produit végétal dépend de son activité respiratoire, de son taux de transpiration, de son type de métabolisme (éthylène), de sa résistance naturelle à la flore microbienne de dégradation. C'est pourquoi le choix d'une technique de conservation tiendra compte :

- de la régulation des pertes en eau (conservation en atmosphère humide, emballages fermés ou microperforés, certains enrobages),
- de la régulation de l'activité respiratoire (réfrigération, atmosphère modifiée, enrobages, atmosphères contrôlée),
- du contrôle de l'éthylène (aération, adsorption, agents antagonistes, catalyse, ionisation)
- du contrôle des microorganismes (traitements physiques, matières actives spécifiques)
- des investissements ont été réalisés pour équiper le laboratoire (chambres froides, (appareils analytiques spécifiques et matériel nécessaire à la préparation d'échantillons).

En cohérence avec les orientations locales et la programmation scientifique du Cirad, ce projet concerne les productions fruitières. Deux cultures sont retenues en priorité : la mangue et le litchi.

Mangue : Le programme mis en place porte sur l'amélioration de la production et la valorisation du fruit. Il inclut une démarche post récolte couplée aux aspects agronomiques. Il s'appuie sur les expérimentations en cours menées par l'équipe du pôle fruit, légumes et plantes aromatiques pour étudier les mécanismes de maturation et l'aptitude à la conservation en post récolte des mangues.

Litchi : L'altération de la couleur de la coque reste un facteur de dépréciation important au niveau commercial, (frein notable à l'exportation). Pour préserver temporairement la couleur de la coque différentes techniques sont envisageables mais les transpositions du laboratoire à une plus grande échelle ne donnent pas toujours les résultats escomptés : la prévention du brunissement n'est pas systématique et des plages brunes peuvent apparaître sur le péricarpe, parfois dans des proportions importantes. Des essais sont mis en place pour étudier les relations probables entre l'état de surface de la coque et les conditions d'application du traitement.

Coopération régionale : un appui à la filière litchi de Madagascar a été réalisé aux mois de mai et novembre. Il s'inscrit dans le cadre du projet européen Stabex (litchi soufrés).

Caractérisation des productions locales et régionales.

Le projet actuel concerne la caractérisation de l'ontogenèse de la mangue et de son potentiel aromatique. Il se place en aval du travail de thèse mené en écophysiologie par Mathieu Lechaudel, portant sur la croissance et la qualité organoleptique du

ruit. Les résultats de l'étude permettront de relier a qualité finale de la mangue après traitements de :onservation à sa qualité initiale, en tenant compte le son stade de récolte. La composition biochi- nique de la mangue en fonction de son stade de naturité à la récolte est caractérisée par les eneurs des principaux composants (sucres, amidon, acides organiques, cations). Une partie les analyses a été réalisée au laboratoire de la Dgccrf.

Les conditions d'alimentation carbonée sont défi- nies par le rapport nombre de feuilles/fruit (F/f) sur les rameaux après décortication annulaire du phloème.

Il est mis en évidence de façon très synthétique :

- un impact net des traitements sur la morphologie, la matière sèche et la teneur en saccharose,
- une incidence faible sur les teneurs en acides organiques et en éléments minéraux,
- aucune incidence sur les concentrations en glucose, fructose et amidon.

Les analyses seront reconduites sur la prochaine saison de récolte afin de confirmer les résultats obtenus tout en poursuivant les expérimentations sur l'alimentation carbonée des mangues au champ en intégrant de nouveaux paramètres. L'impact du stress hydrique sera abordé en suivant le développement des mangues dans des condi- tions d'alimentation en eau réduite.

Transformation de la coronille

Des observations ont déjà été réalisées sur le potentiel de transformation de ce produit en 1999 et 2000, en relation avec l'Université, le Critt et la Chambre des Métiers. Les phénomènes intervenant lors d'un traitement thermique sur la dénaturation des arômes et l'altération de la couleur sont liés principalement au brunissement non enzymatique et à la desestérification.

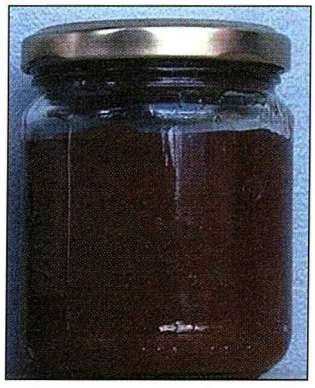
Dans le prolongement des travaux réalisés sur la coronille, une étude plus spécifique sur la fabrication de confiture a été engagée avec la Sté Ledenon. La qualité de la matière première et l'homogénéité de la maturité des fruits à la récolte ont été prises en compte. A partir d'un plan d'expérience à deux facteurs, différentes formulations ont été testées en respectant un barème de cuisson. La teneur finale en sucre, l'activité de l'eau, la couleur, la viscosité et l'écoulement ont été mesurés et corrélés aux caractéristiques organoleptiques.

Le produit final obtenu est considéré de meilleure qualité que le produit de référence proposé par le responsable de l'entreprise, qui a apprécié la préservation de la couleur, des qualités aromatiques et la texture moins pâteuse. Un transfert a été réalisé en adaptant les résultats de laboratoire aux conditions de l'entreprise.

En accord avec le Critt, la prochaine étape sur la valorisation de cette pulpe acide et aromatique portera sur l'élaboration de sorbet, soit à partir de la coronille seule, soit en association avec d'autres fruits.

J. Joas

Litchi
(J. Joas)



Fabrication de confiture de coronille
(J. Joas)

AGROALIMENTAIRE : Publications / Communications / Rapports / Articles /

Publications et thèses

Collignan A., 2001. *Déshydratation et formulation de produits carnés. Etude et optimisation des procédés de salaison mettant en œuvre une opération de traitement des produits en solution aqueuse concentrée*. Habilitation à Diriger des Recherches. Génie des procédés, Université de la Réunion, 49p.

Collignan A., Bohuon P., Deumier F., Poligné I., 2001. Fish and Meat processing by Osmotic Treatment. *Journal of Food Engineering*. 49, 153-162

Joas J. 2001 Incidence des conditions d'application sur l'efficacité des fongicides utilisés en post récolte pour la banane. *Fruits*, 56, 383-394

Marouzé C., Giroux F., Collignan A., Rivier M., 2001. *Equipment design for osmotic treatment. Journal of Food Engineering*. 49, 207-221.

Poligné I., 2001. *Etude des transferts et des mécanismes réactionnels lors du salage, séchage, cuisson et fumage de pièces de viande. Cas du porc boucané à la Réunion*. Thèse de Doctorat en Génie des Procédés, Université de la Réunion, France, 214 p.

Poligné I., Collignan A., Trystram G., 2001. Characterization of traditional processing of pork meat into boucané. *Meat Science*, 59, 377-389

Communications à congrès

Collignan A., Deumier F., Grimaud P.,. Application d'un nouveau procédé de salaison à la valorisation de la venaison. *Annual Meeting of Agricultural Scientists*. 3-4 mai 2001. Réduit. Maurice. 8p.

Poligné I., Trystram G., Broyart B., Collignan A., 2001. Reevaluation of foods processes as a way to improve safety and quality of products. *Case of the Boucane processing*. EuroCaft, Allemagne, décembre 2001,

Rapports

Frehaut G. 2001. *Etude de la composition de la mangue (Cv Early gold) en fonction de son stade de maturité*. Rapport de stage (Utc) (46 p + annexes)

Issop Z. 2001. *Mise au point d'une confiture de coronille*. Rapport de stage Iup La Réunion (46 p +annexes).

Joas J. *Appui scientifique et technique ponctuel aux filières professionnelles agricoles d'exportation d'épices à Madagascar : appui à la filière litchi : traitement post récolte* 11p + ann.

Margnac A., 2001. *Modélisation – Optimisation du procédé de déshydratation-Imprégnation par Immersion appliquée à la fabrication du boucané*. Rapport n°15/2001, 76 p.

Ménival H., 2001. *Etude et optimisation du marinage de pilons de poulet par immersion*. Rapport de stage Utc. 47p.

Ménival H., 2001. *Etude des propriétés technologiques de la matière grasse de volaille et optimisation d'un procédé de fractionnement à sec*. Rapport de stage Utc. 38p.

..a démarche qualité

e Cirad à la Réunion s'est engagé dans une émarche qualité. Cependant les référentiels sur :squels peuvent s'appuyer une démarche qualité en :cherche finalisée sont encore en nombre très limité. e déploiement d'une démarche qualité globale nplique idéalement trois niveaux complémentaires e management : le management stratégique (au iveau de l'entreprise) permet de cadrer le manage- ıent des processus qui guide le management des ctions au quotidien. Les trois opérations qui consti- ıent actuellement la démarche qualité au Cirad à La éunion se situent au niveau intermédiaire :

L'opération Q1 vise à l'obtention de la certification SO 9001 du laboratoire d'analyses agronomiques. 'est une démarche globale au niveau du laboratoire, oncernant sa politique, son organisation et ses rocessus. Elle implique la description précise des ctivités du laboratoire représentée sous forme de rocessus, la rédaction de procédures générales qui ıontrent comment le laboratoire prend en compte :s exigences de la norme, la rédaction des proto- oles d'analyse et la rédaction d'un Manuel Qualité écrivant l'ensemble du système de management de ı qualité du laboratoire. Une bonne partie de ces ocuments est rédigée et permet de faire fonctionner artiellement le système. L'audit de certification est nvisagé pour le deuxième trimestre 2003.

L'opération Q2 vise à initier une démarche qualité au ôle 3P. Elle concerne dans un premier temps un ombre très limité de processus : maîtrise des équi- ements scientifiques et des installations techniques, ıétrologie, description des tâches et habilitation des gents.

L'opération Q3 porte plus particulièrement sur la estion et le suivi des projets de recherche. Elle a our but de proposer un référentiel interne compa- ble avec les normes et guides existants afin d'as- urer la qualité des activités de recherche. Elle est onc relative à des processus. Un premier ensemble e documents et de guides a été rédigé (présentation e la démarche qualité au Cirad Réunion, guide pour établissement d'un plan de recherche, guide pour établissement d'un plan qualité, guide pour l'élabo- ation d'indicateurs). Parallèlement, une procédure our l'établissement d'un indicateur de progression 'une opération de recherche a été finalisée.

P. Fallavier

Valorisation régionale

Rôle et appui du Cirad à La Réunion

Les pôles de compétences du Cirad à La Réunion, en collaboration avec leurs partenaires réunionnais, qu'ils soient professio nnels, scientifiques, techniques, d'enseignement supérieur et technologique, associatifs, etc..., constituent un véritable instrument de coopération régionale, non seulement capable d'être actif dans la lutte contre la pauvreté, performant dans les échanges et la production scientifiques , mais aussi soucieux du développement durable et de la protection de l'environnement. Mieux structurée, mieux exprimée et donc mieux perçue par les pays de l'Océan Indien et d'Afrique Australe, cette offre contribue maintenant à une meilleure promotion et valorisation des atouts réunionnais dans leur environnement régional, favorisant ainsi l'élaboration de projets de coopération et l'expression de sa complémentarité et spécificité.

Principaux résultats et perspectives

L'année 2001 a surtout été marquée par un effort de promotion de l'offre réunionnaise, encore trop mal connue des pays voisins, en particulier au cours de l'accueil de délégation ou de représentants français des postes diplomatiques des pays de l'Océan Indien et d'Afrique Australe.

Cet effort a abouti au montage de projets de coopération et d'échanges scientifiques faisant intervenir des formations/échanges et accueil d'étudiants, de l'expertise et une meilleure valorisation des institutions réunionnaises du développement rural. La mise en œuvre de ces projets se fera dès le début de l'année 2002 avec La Province du Kwazulu-Natal en Afrique du Sud et le Zimbawe et en cours d'année avec Rodrigues et le Vietnam.

D. Polti

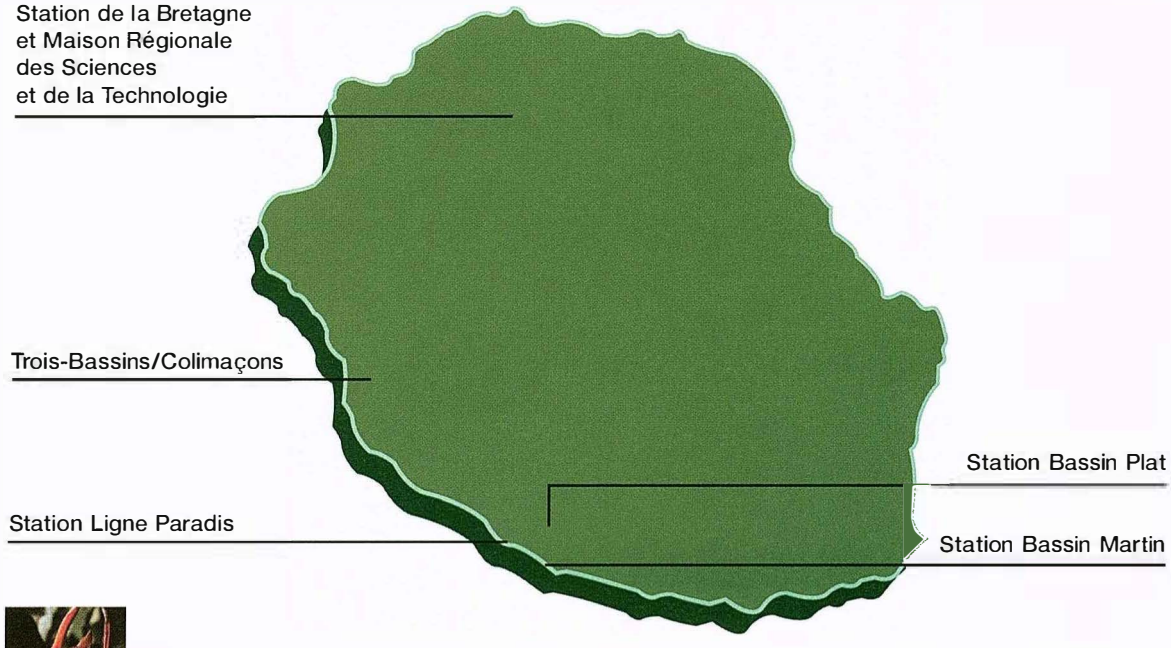
Délégation du Cirad Réunion fin 2001

Michel Trébel : délégué régional

Didier Gout : responsable du service administratif et financier

Pôles de compétences	Responsables
Canne à sucre	**B. Siegmund**
Fruits, légumes et plantes aromatiques	**M. Jannoyer**
Agriculture durable, environnement et forêt	**M. Piraux**
Elevage	**P. Grimaud**
Protection des plantes	**B. Reynaud**
Agroalimentaire	**A. Collignan**

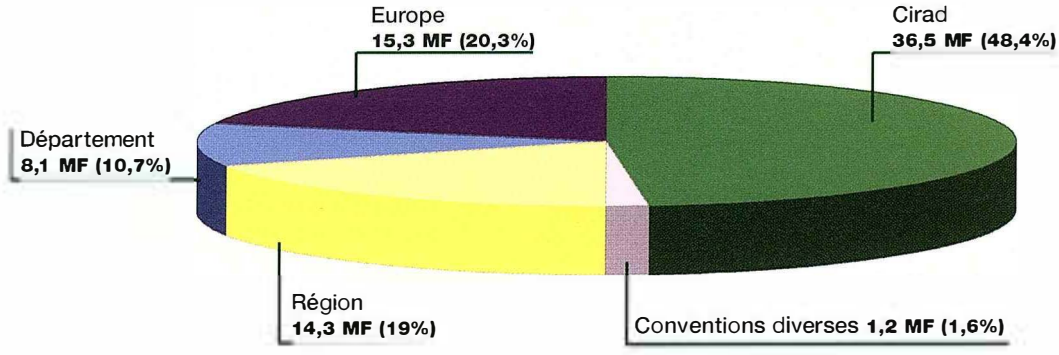
Les implantations du Cirad à la Réunion



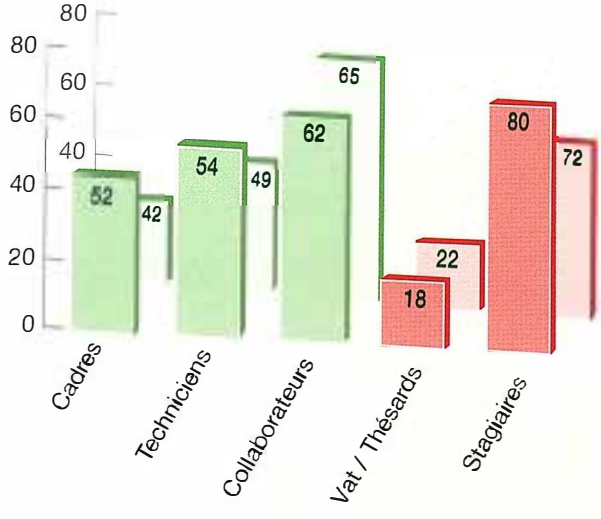
Répartition des financements

entre le Cirad et ses partenaires (Conseil Régional, Conseil Général, Europe et Etat)

Total ressources 2001 : 75,4 MF



Les effectifs du Cirad



Effectifs comparés
au 31/12/00 et au 31/12/01

	2000	2001
Permanents	156	168
Vat + Thésards	22	22
Autres**	2	2
Total	**180**	**192**
En outre le Cirad reçoit des stagiaires	72	80

** *Contrat de qualification et d'apprentissage.*

Les équipes du Cirad

A Saint-Denis

DELEGATION REGIONALE

Délégué régional : Michel TREBEL
Administration et finances : Didier GOUT
Secrétaire de direction : Nadège NANGUET
Secrétariats La Bretagne : Catherine ANGO, Josie CARPANIN, Marie-Vivienne DIJOUX
Valorisation régionale : Dominique POLTI
Démarche qualité : Paul FALLAVIER
Gestion et comptabilité : Yvette MAILLOT, Marie-Yvonne RAMAYE, Hélène RAYEPIN, Philippe SCHOETTEL, Roselyne MOUNICHY
Service du personnel : Véronique BOYER, Delphine CARANDANTE
Service généraux : Marie-André DUMAY, Eric GAUVIN, Jeannot GRONDIN, Vincent-Paul ORANGE, Jean-Claude RIBOTTE
Laboratoire d'analyses : Patrick LEGIER, Jean-Claude BILLAUD, Marie-Frède GAUVIN, Charles HOARAU, Jocelyn IDMOND, Jean-Dollin MOUNY-LATCHIMY, Marie-Charlyne GAUVIN, Aidée LOMBARD

CANNE A SUCRE

Responsable du Pôle : Bernard SIEGMUND
Modélisation
Jean-François MARTINE, Richard DE LARICHAUDY, Michel JEANNETTE, Marie-Pierre VESOUL***
Agronomie
Denis POUZET, Aurélien VELLE, Lilian GAUVIN, Floris MOUNIAPIN. Hugues LOMBARD, Ginot GAUVIN, Sophie CAILLIEZ*** , Caroline LEJARS, Eric BAPPEL**
Mécanisation
Jean-Cyril DAGALLIER, Dany DEURVEILHER.
Station expériementale de la Mare
Alix RASSABY, Michel HOAREAU.

AGROALIMENTAIRE

Responsable du Pôle : Antoine COLLIGNAN

Jacques JOAS, François DEUMIER (MAD Crête d'Or Entreprise), Elodie ARNAUD**, Yanis CARO***, Isabelle POLIGNE***

AGRICULTURE DURABLE, ENVIRONNEMENT ET FORET

Responsable du Pôle : Marc PIRAUX

Diversification et systèmes de culture sur couvertures végétales (les Colimaçons)
Johnny BOYER, Just HOAREAU, Maxime LANGEVILLIERS , Josian RIVIERE, Patrick TECHER, Aristhènes TIBERE, Daniel TIBERE
Exploitations, territoires et politiques agricoles
Carine SAQUE***,.Jean-Louis FUSILLIER, Cécile MARTIGNAC, Sigrid AUBERT
Gestion des déchets organiques
François GUERRIN, Manuel MARTIN***, Hervé BERNARD***, Hervé SAINT-MACARY, Arnaud HELIAS***, Frédéric FEDER, Léon BEGUE, Jean Claude GAUVIN, Nicolas PAYET**
Agriculture des Hauts Humides
Thierry MICHELS

A Saint-Pierre

Infrastructures : Samuel LAURET
Bibliothèque : Micheline BAPTISTE
Coordinateur des activités en information scientifique et technique : Isabelle CASSAGNEAU
Services généraux : Jean-Louis HOAREAU, Alphonse CELESTE, Anyse MOREL

CANNE A SUCRE

Bioclimatologie et gestion de l'eau
Jean-Louis CHOPART, Duc TRAN-MINH, Jean-Luc BROSSIER, Jean-Paul D'EXPORT, Lionel LE MEZO, Mickael MEZINO, Bernard MOUNY-LATCHIMY, Raymond NATIVEL

ELEVAGE

Responsable du Pôle : Patrice GRIMAUD
Secrétariat : Gisèle MOREL
Jean-Philippe CHOISIS, Kamel ELOUHICHI, Olivia FONTAINE, Hélène GOURC***, Jean-Yves LATCHIMY, Judith METAIS***, Serge NABENEZA, Expedit RIVIERE, Emmanuel TILLARD

AGRICULTURE DURABLE, ENVIRONNEMENT ET FORET

Biodiversité forestière et génie écologique
Jacques TASSIN, Laurent SCHMITT, Jean-Noël RIVIERE, Elise DULAC***
Secrétariat : Chantal TERRENTROY

PROTECTION DES PLANTES

Responsable du Pôle : Bernard REYNAUD
Secrétariat : Magalie AURICANE
Louis-Marie RABOIN, Jacques ROCHAT, Iréné PROMI ,Frédéric GOURDON, Emmanuel FERNANDEZ, Abdoul RUTTEE,Laurent COSTET, Laurence RASSABY, Johnny ACAPANDIE, Marc ATTIE, Paul BOILLY, Michel BOYER, Amandine CARMEILLE**, Hugues TELISMART, Jean-Jacques CHERON, Frédéric CHIROLEU, Annie COUTEAU, Hélène DELATTE***, Jean-Paul D'EXPORT, Jacques DINTINGER, Antoine FRANCK, Lionel GAGNEVIN, Serge GLENAC, Véronique GLORIES, Martial GRONDIN, André-Walter GRONDIN, André HOARAU, René-Paul HOAREAU, Christian HOAREAU, Béatrice HURTREL, Philippe LAURENT, Laurent LE BLEIS, Jean-Michel LETT, Jacques LUISETTI, Isabelle MANDON-DALGER**, Julien MAYEN, Marie-ludders MOUTOUSSAMY, Jean-Claude MUSSARD, Jim PAYET, Magali PAYET, Olivier PRUVOST, Carl QUEVENOT, Serge QUILICI, Claude RIVIERE, Philippe ROUMAGNAC**, Michel ROUX-CUVELIER, Philippe RYCKEWAERT, Christophe SIMIAND, Isabelle SOUSTRADE, Nicolas TALIBART, Auguste TAILAME, Patrick TURPIN, Jéremie GILLES**, Sebastien VANIET**

FRUITS, LEGUMES ET PLANTES AROMATIQUES

Responsable du Pôle : Magalie JANNOYER
Secrétariat : Anne Marie EVAN, Maryse MERY
Maraîchage : Serge SIMON, Justine SILVESTRI***, Jean Michel BAPTISTE, Jean Bernard DIJOUX, Rosinand FONTAINE, Camille LAFFUTEUR
Fruits : Christian LAVIGNE, Frédéric NORMAND, Laurent URBAN, Mathieu LECHAUDEL**, Bernard ABUFERA, Philippe CABEU, Julien HOAREAU, René Claude JUDITH, Louis PAULIN, Georget TULLUS, Nathalie BAZIN (Apprentie)
Stations : Philippe DE BOISVILLIERS, Joseph Hugues DIJOUX, Eugène GAUDIRIS, Aristide ITEMA, Sylvain JOANANY, Jean-Patrice LEBLE, Joseph MAILLOT, Marco MOREL, Axel MUSSARD, Frédéric PAYET, Jean Pierre RANGAYEN, Pierre SALAMA, Louis TOSSAM, Jean Michel RAMSAMY (apprenti)

** Étudiants en thèse au 31/12/2000 *** VAT : Volontaire à l'Aide Technique

/ Note /

/ Note /

Photo de couverture

Cirad

Conception, coordination

RMC Communication

Impression

Imprimerie Ah-Sing

Juin 2002

Dépôt légal n° 929

RC 79 B 11

Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

Délégation
de la Réunion
BP 20,
97408 Saint-Denis Messag.
Cedex 9
Téléphone :
0262 52 80 00
Télécopie :
0262 52 80 01
e-mail :
michel.trebel@cirad.fr