



Photo 1. Cœur de pejibaye.
(Photo T. Michels)



Photo 2. Jeunes plants de pejibaye.
(Photo T. Michels)

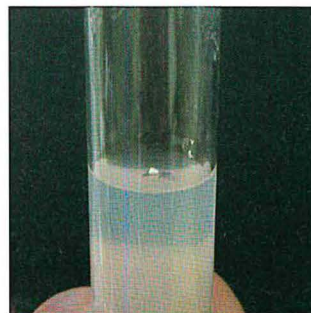


Photo 3. Mise en culture d'un embryon de pejibaye visant une production locale. (Photo T. Michels)



Photo 4. Différents stades reproductifs de la coronille.
(Photo T. Michels)

Gestion des ressources et des territoires (Gert)

Le projet GERT s'intéresse à la gestion des ressources, des agro-systèmes et des territoires. Les recherches abordent les conditions de durabilité des exploitations familiales et leurs dynamiques collectives pour partager des ressources, accéder à des marchés ou occuper l'espace. Ces recherches s'inscrivent dans un contexte de multifonctionnalité de l'agriculture. Elles portent sur les processus et les

perspectives (1) d'adoption des innovations techniques, organisationnelles ou institutionnelles (CTE), (2) de mise en œuvre de projets de développement locaux, (3) de création de systèmes d'informations et (4) de valorisation de divers outils pour la gestion des agro-écosystèmes et des ressources (foncier, eau). Ces recherches intègrent donc différentes échelles : de l'exploitation agricole au territoire régional.

Diversification fruitière dans les Hauts humides

L'agriculture familiale dans les Hauts humides de la Réunion est confrontée à des conditions pédoclimatiques difficiles qui réduisent sensiblement l'intérêt économique des espèces couramment cultivées dans le département. Afin de restaurer l'intérêt de la pratique agricole, principale activité de la zone, et d'accompagner son développement, cette opération propose des cultures fruitières de diversification adaptées. La démarche adoptée passe par l'identification de nouvelles cultures, la mise en place et l'entretien d'un réseau de parcelles expérimentales en milieu réel visant l'acquisition de références techniques et économiques ainsi qu'un appui à la mise en place des nouvelles filières.

Le pejibaye

Cette espèce est testée depuis 1993 dans le but de développer le segment de la transformation de la filière palmiste (salade de 4^{ème} gamme notamment). Sur le plan agronomique, le pejibaye (*Bactris gasipaes*), se caractérise par une vitesse de croissance élevée ainsi que la capacité à émettre des rejets conduisant à une pérennisation des parcelles. L'arrivée à maturité de la première grande parcelle a marqué l'année 2003 (photo 1). Les premiers résultats confirment une parfaite adaptation de l'espèce à la zone écologique et amènent un certain nombre de données techniques concernant notamment la densité optimale de plantation. Cette première production devrait permettre de tester dans le courant 2004, la mise sur le marché des premiers cœurs transformés.

L'année 2003 est aussi marquée par le lancement d'un projet de développement, après accord de l'ensemble des partenaires de la filière, dans le cadre du

Comité Technique Palmiste. Ainsi, des premiers lots de graines ont été importés de Guyane. Les premiers plants sont en cours d'élevage (photo 2). De même, un volet "culture in vitro" a été lancé fin 2003 par la mise en culture de tissus d'embryon de Bactris. Ces cultures, initiées à l'occasion d'une première mission à la Réunion d'Yves Duval (UMR BEPC), visent la préparation de travaux de thèse qui devraient débiter dans le courant 2004 (photo 3). Ces travaux seront menés en partenariat avec l'UMR BEPC (IRD/CIRAD-CP Montpellier) et l'Université de la Réunion.

Enfin, une étude comparative incluant le pejibaye et les espèces endémiques, réalisée en collaboration avec le Pôle Agro-alimentaire, a permis une caractérisation physico-chimique et organoleptique des cœurs, montrant une fois de plus, l'intérêt du Bactris dans le cadre du marché visé.

La coronille

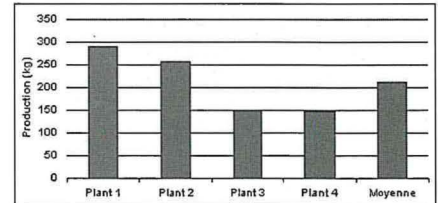
L'absence de références techniques sur cette espèce, nous a conduit à lancer un certain nombre d'essais et suivis indispensables à l'élaboration d'un itinéraire technique. Les premiers résultats sont riches d'informations sur le comportement phénologique de l'espèce dans nos conditions ainsi que sur certaines composantes de son rendement (photo 4). De même, un suivi de production nous a permis d'estimer, sur la base de la récolte 2003, un potentiel de production très élevé avec une moyenne de 212 kg par arbre (Graphique 1). Il en résulte des perspectives de production importantes. Aujourd'hui, faire connaître le fruit auprès du grand public, semble être une étape incontournable pour un développement significatif du marché.

Le goyavier-fraise

Un décalage important est observé entre le faible nombre de nouvelles parcelles et l'augmentation de la demande engendrée par le développement rapide d'une gamme de produits à base de goyavier sur le marché réunionnais. Il semblait donc opportun de

faire un point sur l'état actuel de la filière afin de définir les actions prioritaires à mener. L'opération a donc activement participé à la définition et au suivi d'une étude de filière portée par la Chambre d'agriculture et réalisée par le bureau d'étude CEDRE.

T. Michels



Graphique 1. Suivi des productions 2003 sur la coronille (poids par arbre et moyenne).

Multifonctionnalité de l'agriculture, CTE et CAD

Dans le cadre du dispositif INRA-CIRAD-CEMA-GREF relatif à l'étude de la multifonctionnalité de l'agriculture et des espaces ruraux, le projet CTE-île intitulé "Modèles de développement et identités des territoires dans les DOM insulaires" a été poursuivi. Ce projet veut analyser en quoi la nouvelle LOA contribue, à la Réunion et à la Guadeloupe, à une remise en cause des modèles de développement, à une évolution des représentations des acteurs sur les fonctions de l'agriculture ainsi qu'à une amélioration des processus de négociation et de conception des références techniques. Les enquêtes d'agriculteurs signataires de CTE ont été menées, les interviews auprès des institutions ont été finalisées et un séminaire intermédiaire de restitution des résultats s'est tenu en Guadeloupe.

Les résultats des travaux d'enquêtes chez les exploitants et les techniciens de la Chambre d'Agriculture ont montré que les CTE ont eu un impact important sur les pratiques techniques liées à la culture de la canne à sucre. Les mesures principalement concernées (fertilisation raisonnée, désherbage précoce, gestion des pailles et des replantations) ont engendré des évolutions positives. Ceux qui n'ont pu adopter les pratiques pour lesquelles ils s'étaient engagés ont invoqué des problèmes de trésorerie ou de gestion du temps de travail. Mais le CTE a parfois financé des pratiques déjà existantes. Finalement, il semble avoir accéléré la mise en place de techniques déjà vulgarisées par les techniciens mais dont l'adoption était faible. Ceci résulte de divers éléments qui se combinent : l'incitation financière ; le public cible ; la

qualité de l'encadrement technique de la Chambre d'Agriculture et l'appréhension du fonctionnement global de l'exploitation qui a mis en évidence les freins à l'adoption des techniques. Il faudrait bien entendu pouvoir étudier sur le terrain l'application effective des mesures à plus long terme.

Le CTE permet aux agriculteurs de gagner en moyenne, 7,8 par tonne de canne à sucre produite (valeur variant entre 3 et 43 /T) et 588 par ha de canne de l'exploitation (variant de 427 à 869 /ha). Pour beaucoup d'agriculteurs interrogés, la subvention apportée par le CTE a fourni un apport de trésorerie permettant de réaliser les pratiques culturales adéquates au moment opportun. En majorité, les agriculteurs interrogés ont une bonne connaissance de leur contrat. Ils sont aussi sensibles au respect des engagements pris.

Les CAD, s'ils sont nombreux, peuvent être des éléments clés de l'augmentation de la production agricole de l'île. Toutefois, quelques points conditionneront leur réussite : améliorer le cahier des charges des mesures agri-environnementales, qui pose parfois des problèmes quant à son application à la grande diversité des situations ; encourager le mouvement de formation des techniciens de la Chambre d'Agriculture à l'approche globale des exploitations et des territoires dans une démarche de projet afin que l'objet de l'intervention des CAD soit les exploitations cannières et pas uniquement la sole cannière. Des actions en coopération régionales ont aussi été menées : Afrique du Sud et Mayotte (photo 5).

M. Piraux



Photo 5. Cession de formation à Mayotte. (Photo M. Piraux)

Approche économique de l'agriculture irriguée et de la gestion de l'eau

La gestion de la ressource en eau et le devenir de l'agriculture irriguée constituent une préoccupation majeure pour la collectivité dans le contexte actuel de pression croissante des besoins en eau. Une question centrale porte sur le partage de la ressource

entre les usagers. Partage entre agriculteurs compte tenu des perspectives d'extension des périmètres irrigués, mais aussi avec les autres usagers urbains et industriels. La question de la répartition de la ressource en eau est d'autant plus complexe



Photo 6 : Canne irriguée sur l'Ouest.
(Photo J. L. Fusillier)

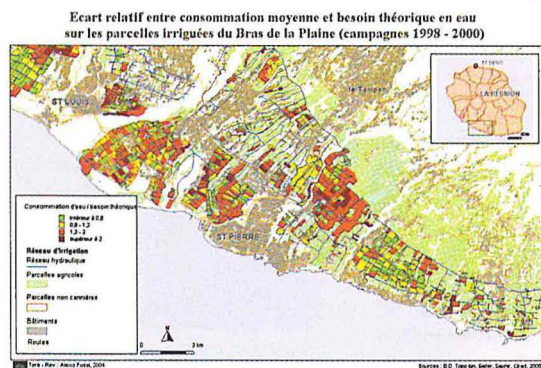


Photo 7 : Approche SIG des périmètres irrigués du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos.
(Photo J. L. Fusillier)

qu'elle doit répondre à la fois à des objectifs d'efficacité en recherchant une meilleure valorisation, et d'équité dans l'accès à la ressource car l'eau ne peut être considérée comme un bien marchand ordinaire. Cette problématique est abordée à partir d'une approche systémique des exploitations irriguées visant la compréhension de leurs stratégies de production et trajectoires d'évolution puis d'une modélisation économique du comportement des irrigants.

L'objectif de la modélisation est de pouvoir simuler les effets de changements de contexte tels que de nouveaux instruments de gestion de l'eau, sur la viabilité économique des exploitations, sur les niveaux de production et sur l'allocation des ressources notamment la demande en eau. Le développement de l'opération, en 2003, a porté sur la formalisation des modèles économiques au niveau Exploitation et l'élaboration d'un SIG sur les deux grands périmètres irrigués existants qui servira à la validation des modèles.

Mise au point des modèles individuels "Exploitation"

S'appuyant sur les données des enquêtes menées en 2001 et 2002, la modélisation des exploitations a été réalisée pour quatre types : "petit cannier 5 ha", "grand cannier 10 ha", "cannier diversifié en maraîchage-arbo" et "orientation maraîchage, arboriculture". Les autres types identifiés "petit producteur de moins de 4 ha", "spécialisé en maraîchage-arbo" et "cannier-éleveur" sont pour le moment considérés à comportement fixe et ne font donc pas l'objet d'une modélisation. Les travaux de modélisation ont été particulièrement orientés sur la spécification de la fonction de production de

canne à sucre et sa réponse aux apports d'eau qui constitue un paramètre central du modèle dans la perspective de simuler des rationnements. Ce travail a été réalisé en collaboration avec le Pôle Canne à sucre qui a fourni les outils de simulation bio-physiques. Il a consisté à coupler (i) des données d'enquêtes caractérisant les pratiques d'irrigation (organisation des tours d'eau, des seuils de déclenchement et d'arrêt des irrigations, matériel d'irrigation), (ii) des programmes d'irrigation simulés compte tenu de ces pratiques, des contraintes du périmètre (débit maximal disponible, coupures) et des besoins en eau avec un modèle Simulirrig spécifiquement adapté, et enfin (iii) des simulations des rendements en canne pour divers degrés de satisfaction des besoins en eau avec le modèle de croissance Mosicas.

Approche SIG des périmètres irrigués du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos

Une exploitation de la base de données parcellaires canne DAF/CTICS a été faite pour superposer le réseau d'irrigation SAPHIR et les parcelles des producteurs de canne sur les deux périmètres (7000 ha). Elle permet de mettre en relation des données de consommations d'eau, de matériel d'irrigation, de nature des cultures et, pour la canne, de rendements à l'échelle d'îlots regroupant des ensembles de parcelles (730 parcelles renseignées). Une présentation de résultats sur les écarts entre consommations d'eau réelles et besoins théoriques d'après bilan hydrique a été faite aux partenaires du projet (Saphir, Associations d'irrigants, Chambre d'Agriculture, MISE). Il est ressorti des discussions, la nécessité d'approfondir la question des facteurs de surconsommation d'eau, notamment l'effet de localisation mis en évidence par la présence de zones à consommation d'eau homogène très excédentaire (photos 6-7).

J-L. Fusillier

Dynamiques du droit et gestion des écosystèmes

Un projet pilote de médiation foncière citoyenne à Cilaos (MEDIAC)

Lors de la conduite du diagnostic de territoire dans le cadre du CTE Cilaos en 2001, la municipalité a souhaité que les problématiques liées à la sécurisation foncière dans le cirque soient approfondies. Une étude conduite en 2002 a permis d'identifier, parmi la diversité des outils juridiques existants, l'Association Foncière Agricole (AFA) et la médiation comme des outils susceptibles de promouvoir une meilleure gestion du foncier. Lors d'une réunion rassemblant des représentants de l'ensemble des institutions agricoles

intervenant dans le cirque, il a été décidé de conduire un projet pilote de médiation foncière sur l'île à Cordes (photo 8). La sécurisation foncière est en effet incontournable dans la perspective du développement agricole durable. Elle s'impose tant à l'exploitant (gestion de son patrimoine professionnel, condition de l'innovation...) qu'aux collectivités territoriales (maîtrise de l'aménagement du territoire, optimisation de l'appui aux initiatives locales...). La médiation, parce qu'elle induit une démarche participative et une approche intégrée de l'exploitation agricole et des terroirs, séduit les opérateurs du développement de la Réunion (SAFER, CNASEA, APR).



Photo 8. Champs de lentilles à l'île à Cordes.
(Photo Y. Clouet)

Avec le concours de l'APR, des agriculteurs de Cilaos se sont donc constitués en AFA et bénéficient des services d'un médiateur foncier. Celui-ci se tient à la disposition des agriculteurs d'Ilet à Cordes deux jours par semaine. L'enjeu de sa présence est de retisser les liens sociaux autour d'une clarification du foncier de l'îlet. Dans ce contexte, le médiateur foncier, avec le concours des institutions agricoles intervenant dans le cirque, contribue à la diffusion d'informations techniques et juridiques, s'implique avec les agriculteurs dans la recherche de solutions permettant d'apaiser des situations conflictuelles ou de mobiliser les individus autour de projets communs.

S. Aubert, M. Lesage

La question de l'impact du pastoralisme sur la biodiversité (PASTOFOR)

La filière "élevage allaitant" est une filière jeune et dynamique qui s'impose dans les Hauts de la Réunion, là où la diversité biologique est la plus importante. En appui à cette opération, l'Institut Français de la Biodiversité a accepté de soutenir une étude interdisciplinaire sur la question de l'impact du pastoralisme sur la biodiversité.

Dans des zones représentatives des systèmes

identitaires développés par les éleveurs réunionnais et situées en limite de zones naturelles à protection forte gérées par l'ONF (Hauts de l'Ouest et Massif de la Fournaise) (photo 9), les recherches menées tentent d'évaluer l'impact des systèmes d'exploitation agricoles ou forestiers (selon leur degré d'intensification) sur l'environnement (selon son degré d'anthropisation).

Le projet est envisagé sur une période de trois années. Une première phase de diagnostic permettra d'identifier les systèmes de gestion de la biodiversité promus par les différents acteurs intervenant dans ces espaces à usages multiples, et d'apprécier les relations existant entre le droit et les usages.

Une seconde phase s'appuiera sur une méthode de prospective interactive afin d'identifier et de formaliser des pistes d'action adaptées à la spécificité de ces élevages réunionnais des Hauts. Ainsi, certaines normes techniques devraient être appréhendées ou approfondies et enrichir les dispositifs existants, en cours d'établissement ou de révision. Ces dispositifs concernent a priori tant les subventions (CAD, mesures agri-environnementales...) que les engagements respectifs de chacun (charte de développement durable...), la certification des produits (AOC, CCP) ou celle des exploitations (agriculture biologique et agriculture raisonnée).

S. Aubert



Photo 9 : Terrain agricole à Rivière des Remparts. (Photo S. Aubert).

Systèmes d'activités cannières et impacts sur les territoires

Télédétection pour l'étude des modes d'occupation du sol à la Réunion (TEMOS)

Cet axe a été développé dans le cadre du projet TEMOS. TEMOS est un projet de recherche scientifique dont l'objectif est de cartographier, à partir d'images satellites, l'évolution de l'usage du sol à la Réunion depuis 1989. TEMOS est aussi et surtout un projet à vocation opérationnelle destiné à contribuer aux réflexions menées dans le cadre de l'élaboration des documents de planification, du local au régional. L'étude multi-temporelle de ces évolutions n'avait jamais été effectuée à la Réunion. Aujourd'hui, elle permet de comprendre et de visualiser les changements de l'occupation du sol qui se sont produits depuis une quinzaine d'années et de présenter aux décideurs des informations concrètes et des analyses utilisables pour maîtriser l'étalement urbain et limiter la diminution du foncier agricole à l'échelle régionale (figure 2). La démarche du projet TEMOS repose sur deux types d'exploitation des images satellitaires desquelles sont extraites :

- une représentation multi-temporelle des grandes dynamiques d'occupation du sol à l'œuvre depuis 1989 au 1/100 000 ème. Il s'agissait de dresser une cartographie à partir de deux images 1989 et 2002 (SPOT 1 et 4 - résolution 20 m) pour identifier les évolutions respectives des zones urbaines, agricoles et naturelles sur la période et les transformations du territoire qui en ont résulté.
 - un état de l'occupation du sol en 2002 au 1/25 000 ème à partir d'images à très haute résolution SPOT 5 (2,5 m).
- Pour ce faire, une base de données comprenant 400 photographies géoréférencées a été réalisée.

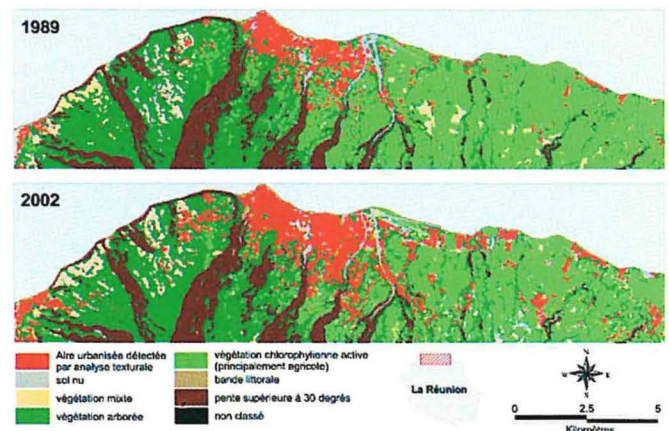


Figure 2. Evolution des modes d'occupation du sol dans la région de Saint-Denis..

Les résultats ont été présentés au Centre National d'Etudes Spatiales à Toulouse.

Compréhension des modalités individuelles et collectives de gestion foncière.

Durant l'année 2003, l'objectif était de travailler à l'échelle locale, sur la compréhension des stratégies foncières des agriculteurs canniens. L'étude consistait à identifier et à comprendre les fonctions attribuées par l'agriculteur à son foncier agricole. Le travail aura permis également de poser la question des modes d'usage et d'appropriation de la terre agricole des agriculteurs de la zone Ouest. Sur ce territoire, le foncier est au centre d'un débat qui dépasse largement le cadre agricole car les grands projets à venir (mise en eau, route des tamarins) favorisent un accroissement de la concurrence qui s'y exerce entre activité agricole, habitat, équipements.

Les résultats ont montré que les agriculteurs de Bellemène, Corbeil et Saline-EDF, attribuent à la terre qu'ils exploitent quatre fonctions principales : productive, financière, patrimoniale et traditionnelle. Pour chacun d'eux, l'importance relative de ces fonctions au sein de la stratégie foncière varie. Une typologie a été réalisée. Elle montre l'existence de quatre groupes d'agriculteurs, dont les stratégies foncières sont spécifiques.

- **Les rentiers** attribuent prioritairement à leur foncier une fonction financière. Ils s'orientent vers des activités plus rémunératrices que l'activité agricole. Majoritaires sur le secteur de Bellemène, leurs projets actuels consistent principalement à construire maisons ou bâtiments d'élevage. La construction d'un bâtiment d'élevage révèle sou-

vent une stratégie d'habitat sur le long terme.

- **Pour les patrimoniaux**, principalement des colons, la priorité est donnée à la transmission du bien foncier aux enfants, comme vecteur d'une certaine sécurité. Ce groupe se préoccupe davantage d'accéder à la propriété des terrains mis en valeur mais également du "rond de Kour".

- **Les professionnels**, constitués majoritairement de jeunes agriculteurs dynamiques et formés, installés sur des exploitations de 5 à 10 ha, s'orientent vers une démarche "productive". Ils souhaitent agrandir leur exploitation pour la viabiliser et maintiennent une activité agricole basée sur de la monoculture de canne à sucre. A défaut d'agrandissement, ils souhaitent diversifier. Pour eux, c'est l'accès à la terre qui est déterminant, alors que l'accès à la propriété reste secondaire.

- **Les traditionnels** s'identifient par leur profond attachement au foncier qu'ils exploitent. Ce sont des agriculteurs qui, depuis leur enfance travaillent la terre souvent avec leurs parents. Leurs pratiques sont basées sur une reproduction du système parental en faire-valoir direct, de type canne-diversification qui se pérennise sans recherche particulière de productivité. Encore nombreux dans l'Ouest, ces agriculteurs sont un maillon important de la filière canne.

Cette typologie, mais surtout la réalité plus complexe qu'elle révèle, peut évoluer selon les changements qui interviendront sur la zone. Pour exemple, le déclassement, l'augmentation des prix du foncier, peuvent inciter l'agriculteur à spéculer. Toute la partie nord de Bellemène le montre bien avec une déprise agricole et la construction de nombreuses habitations. Un laisser-faire peut mener à la disparition totale des terres agricoles restantes, au profit d'autres mises en valeur.

C. Martignac, E. Lagabrielle

Modélisation des flux de biomasse et utilisation de modèles de simulation pour améliorer la gestion individuelle et collective des effluents d'élevage



Figure 3. Cédérom "Modélisation des flux de biomasse et des transferts de fertilité - Cas de la gestion des effluents d'élevage à l'île de la Réunion" (Diffusion : La librairie du Cirad, Montpellier).

L'année 2003 a été marquée par l'édition d'un cédérom permettant de publier les travaux réalisés dans l'action thématique programmée du Cirad (ATP 99/60) intitulée "Modélisation des flux de biomasse et des transferts de fertilité - Gestion des effluents d'élevage à la Réunion" (figure 3). Ce cédérom a été diffusé à plus de 150 partenaires scientifiques ou institutionnels, à la Réunion et en métropole. Plusieurs modèles résultant de ces travaux d'ATP sont en cours d'utilisation avec les acteurs agricoles de Grand-Ilet pour les aider à élaborer une stratégie de gestion collective des effluents d'élevage acceptée

par tous. Cette stratégie prévoit, notamment, la mise en place d'une unité de traitement de la totalité des effluents porcins produits à Grand-Ilet qui sera gérée collectivement par les éleveurs. Ce projet est financé par le programme national "Porcherie verte" ; nos résultats pourraient, à terme, trouver un champ d'application dans d'autres régions, notamment en Bretagne (solicitation de la Chambre d'agriculture d'Ille et Vilaine).

Nous avons d'abord cherché à identifier le bassin de consommation potentiel des effluents produits à Grand-Ilet. Le transfert de ces effluents vers la zone

cannière littorale ne peut être envisagé que si cette zone, s'étendant de Saint-André à Saint-Benoît, n'est pas déjà saturée par sa propre production. Dans chaque sous-commune et pour chaque type d'effluent (liquide ou solide), nous avons calculé le bilan entre l'offre des élevages et la demande des cultures en azote. Un bilan négatif indique un déficit d'azote pour la fertilisation des cultures alors qu'un bilan positif montre une situation d'excédent. Cette approche a permis de mettre en évidence un excédent important en effluents liquides pour toutes les sous-communes de cette zone. Par conséquent, l'option visant à exporter les lisiers bruts de Grand-Ilet vers la zone littorale n'est pas praticable. En revanche, elle a permis d'identifier un déficit en produits organiques solides tels que fumiers ou composts (figure 4). Cette étude justifie donc la nécessité de mettre en place une unité de traitement des lisiers à Grand-Ilet en orientant le choix vers un procédé conduisant à la production de co-produits solides, qui seront susceptibles d'être épandus sur les surfaces cultivées de la zone littorale Est.

L'utilisation de modèles avec les acteurs agricoles de Grand-Ilet doit se faire dans un cadre d'intervention bien défini. Ce cadre s'est matérialisé par la création d'un comité de pilotage et d'un groupe de projet regroupant l'ensemble des acteurs concernés par la gestion des effluents d'élevage (figure 5). Quatre groupes de travail, émanant du groupe de projet, ont été créés ; ils sont chargés d'étudier des questions spécifiques liées à la création d'une unité de traitement du lisier de porc : (GT1) localisation de l'unité ; (GT2) choix du procédé, du mode d'approvisionnement et destination des co-produits ; (GT3) choix de la structure juridique et du mode de gestion ; (GT4) éventualité de couplage avec une unité de méthanisation. Le comité de pilotage, regroupant les éleveurs, les coopératives et les investisseurs potentiels, est investi du rôle de décision.

Notre intervention a porté sur le choix du procédé de traitement (GT2). Pour cela, nous nous sommes appuyés sur des simulations réalisées avec le modèle Macsizut (développé dans l'ATP 99/60), permettant de comparer les options possibles et d'engager une réflexion avec les éleveurs. Cette démarche a conduit à sélectionner, lors d'une première étape, quatre procédés a priori adaptés à Grand-Ilet. En partenariat avec la Chambre d'agriculture et la FRCA, nous avons ensuite organisé, pour une délégation d'éleveurs de Grand-Ilet, un voyage d'étude sur les procédés de traitement utilisés en Bretagne (figure 6). Le bilan réalisé au retour avec l'ensemble des éleveurs (projection de diaporama, bilan coût-efficacité des différents procédés) les a finalement conduit à retenir deux procédés qui feront l'objet d'une étude plus approfondie (nitrification-dénitrification avec séparation de phase poussée et déshydratation du

lisier et concentration de l'azote par lavage acide). Par ailleurs, nos travaux de modélisation se sont poursuivis selon deux axes.

Une thèse co-encadrée avec l'Inra (laboratoire de Biotechnologie de l'environnement, Narbonne) a été soutenue en décembre 2003. Elle a conduit à la mise au point et à l'implémentation logicielle de méthodes permettant la représentation et la composition par automates temporisés de modèles continus et discrets et la vérification de leurs propriétés par model-checking. Cette approche, d'abord testée sur un procédé d'épuration biologique, a ensuite été appliquée à la vérification de possibilités d'épandage sous contraintes temporelles (figure 7) dans les trois grandes situations de gestion des effluents d'élevage identifiées à la Réunion : exploitation individuelle, transferts inter-exploitations, approvisionnement d'unité de transformation. La modélisation conceptuelle des flux d'azote dans les exploitations d'élevage bovin laitier réunionnaises a été engagée en collaboration avec l'Inra (UMR Sol-agronomie-spatialisation, Rennes ; unité de Biométrie et d'intelligence artificielle, Toulouse), le pôle Elevage du Cirad Réunion et la Sica-lait (figure 8). Ce projet, dont l'objectif est de construire un modèle de simulation de flux à l'échelle de l'exploitation, peut avoir, à terme, des applications intéressantes dans l'évaluation technique et environnementale de stratégies de gestion alternatives aux pratiques actuelles (par exemple, le projet, initié par la Sica-lait, d'approvisionner les élevages en paille de canne permettant de produire du fumier recyclable sur les prairies des exploitations après compostage). Ce projet est également porteur de collaborations scientifiques nouvelles avec l'Inra de Rennes (UMR Production du lait).

F. Guerrin, J.-M. Médoc

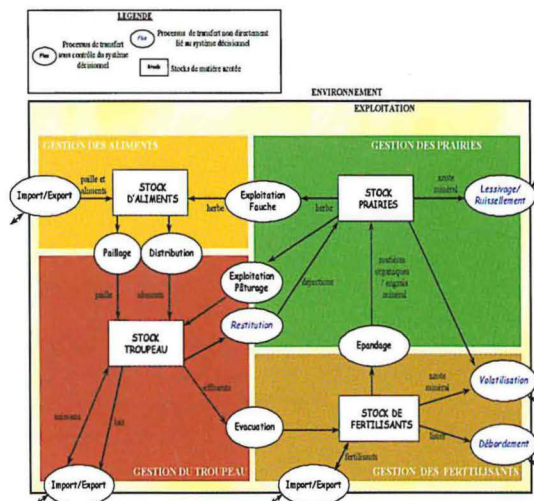


Figure 8. Représentation globale d'une exploitation d'élevage bovin laitier par un diagramme de flux.

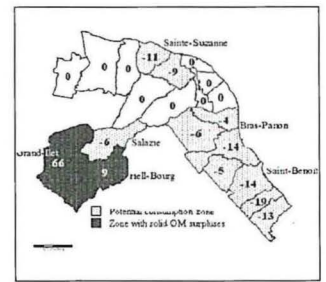


Figure 4. Bilan d'azote des effluents solides dans la région Est (tonnes/sous-commune).

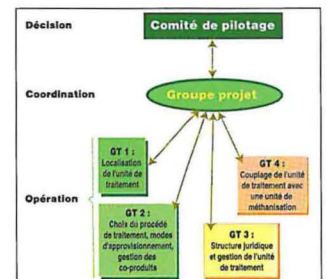


Figure 5. Cadre d'organisation mis en place à Grand-Ilet pour l'élaboration d'une stratégie de gestion collective des effluents d'élevage.



Figure 6. Visite du procédé de traitement MAE en Bretagne par un groupe d'éleveurs de Grand-Ilet et de techniciens (photo J.-M. Médoc).

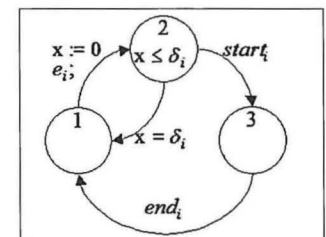


Figure 7. Automate temporisé représentant la contrainte temporelle "l'épandage sur fourrage doit avoir lieu dans les 15 jours suivant la coupe",

Sommets : 1 = pas d'épandage possible, 2 = épandage possible, 3 = réalisation de l'épandage ;
Etiquettes : ei = coupe, starti, endi = début, fin d'épandage ;
Constante : i = 15 jours.