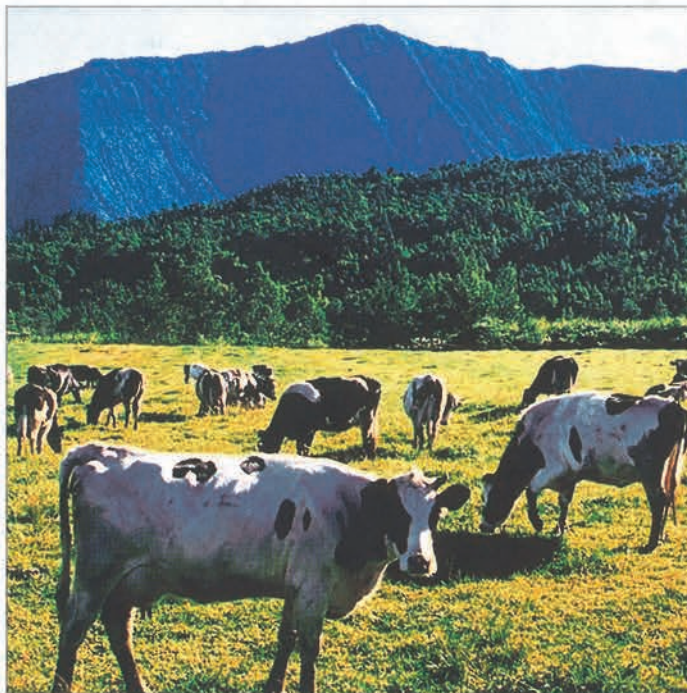


REPÈRES

L'élevage bovin à la Réunion

Synthèse de quinze ans
de recherche

Gilles Mandret, *coordonnateur*



CIRAD
RÉGION RÉUNION



INRA
CAH

LE COORDONNATEUR

Gilles Mandret, docteur en biologie végétale, est agropastoraliste et écologue au Cirad. Il a une longue expérience de recherche en agropastoralisme que ce soit dans le Pacifique sud, en Asie du Sud-Est, en Afrique ou dans l'océan Indien. Coordinateur de plusieurs équipes de recherche sur ces îles et ces continents, il fut très vite convaincu de la nécessité d'une approche globale et pluridisciplinaire des contraintes au développement de l'élevage bovin. Les recherches menées à la Réunion l'ont incité à créer un réseau international de recherche sur le développement des milieux insulaires. Car, au-delà des spécificités de l'île, de tels travaux peuvent bénéficier à d'autres.

LE CIRAD

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Il réalise, dans une cinquantaine de pays, des opérations de recherche, de développement agricole et de formation.

Illustration de couverture

Vaches laitières sur une prairie d'altitude (P. Hassoun).

L'élevage bovin à la Réunion

Synthèse de quinze ans
de recherche

L'élevage bovin à la Réunion

Synthèse de quinze ans
de recherche

Gilles Mandret
Coordonnateur

Vincent Blanfort, Philippe Hassoun, Gilles Mandret,
Jean-Marie Paillat, Emmanuel Tillard
Editeurs scientifiques

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage est l'aboutissement des recherches menées par les auteurs au cours des quinze dernières années. C'est aussi le fruit d'un partenariat étroit avec les organisations professionnelles et d'encadrement de l'élevage bovin à la Réunion. C'est surtout le résultat d'une longue collaboration avec les éleveurs réunionnais, sans qui rien n'aurait été possible.

Les chercheurs du Cirad-Elevage ont bénéficié de l'appui de nombreux scientifiques, tant du Cirad, de l'Inra que d'autres organismes, qui ont largement contribué à la qualité des recherches par leurs missions auprès de l'équipe ou leur participation au Conseil scientifique chargé de la programmation de ses activités.

Les membres du comité de lecture ont eu la lourde tâche de relire et de corriger les textes : Camille Demarquilly, Gérard Matheron, Gérard Balent, Philippe Lhoste, Bernard Faye, François Gaillard, Pierre-Charles Lefèvre, Michel Duru, Jean-Baptiste Coulon, Alain Xandé.

Enfin, ce livre n'aurait pas vu le jour sans l'appui financier et la confiance du Cirad, de l'Inra, de la Région Réunion et du Commissariat à l'aménagement des Hauts.

Que tous soient remerciés.

Sommaire

- 7 Préface
- 9 Avant-propos
- 13 Abstract
- 15 Situation et histoire d'un élevage insulaire
- 19 Les grandes mutations de la société réunionnaise
Gilles Mandret
- 35 Le contexte écologique
Vincent Blanfort
- 43 Le contexte socio-économique
Thierry Devimeux, Alex Michon, Yves Evenat,
Jean-Louis Caminade, Jean-Guy Augé
- 55 Le dispositif de recherche
Jean-Marie Paillat, Gilles Mandret
- 61 Les ressources fourragères :
de la parcelle à l'exploitation
- 65 Le comportement des espèces fourragères
Gilles Mandret, Jean-Marie Paillat, Alain Bigot,
Olivia Fontaine, Jean-Yves Latchimy, Expédit Rivière

97	L'installation et la fertilisation des parcelles fourragères Gilles Mandret, Vincent Blanfort, Jean-Marie Paillat, Vladimir Barbet-Massin, Olivia Fontaine, Expédit Rivière
129	La gestion agroécologique des prairies Vincent Blanfort, Patrick Thomas, Olivia Fontaine, Expédit Rivière
161	Utilisation et valorisation des ressources alimentaires
165	Le fonctionnement des systèmes d'élevage Jean-Marie Paillat, Vincent Blanfort
177	La constitution de réserves fourragères sous forme d'ensilage Jean-Marie Paillat, Philippe Hassoun, Jean-Yves Latchimy, Philippe Brunschwig, Jacques Lepetit
209	Les ressources fourragères extérieures à l'exploitation Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat, Philippe Brunschwig
225	Les rations en élevage laitier Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat, Gilles Mandret, Philippe Brunschwig, Alain Bigot, Jean-Yves Latchimy
249	Conclusion Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat
253	Performances zootechniques et sanitaires
257	Les performances de reproduction en élevage laitier Emmanuel Tillard, Frédéric Lanot, Charles-Emile Bigot, Serge Nabeneza, Jean Pelot
293	Les performances zootechniques en élevage allaitant et engraisseur Emmanuel Tillard, Philippe Hassoun, Frédéric Lanot, Charles-Emile Bigot, Gilles Mandret, Philippe Brunschwig, Jean-Yves Latchimy
323	Les contraintes sanitaires Emmanuel Tillard, Frédéric Lanot, Serge Nabeneza, Charles-Emile Bigot
357	Conclusion Gilles Mandret, Philippe Hassoun, Emmanuel Tillard, Jean-Marie Paillat, Vincent Blanfort
365	Références bibliographiques
391	Adresses des auteurs

Préface

Dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'aménagement des Hauts de la Réunion, la Région s'est engagée, depuis plus de quinze ans, à soutenir le développement de l'élevage bovin. A travers ce soutien, elle avait le souci d'un aménagement équilibré du territoire, puisque les Hauts constituent une zone propice à l'élevage bovin, mais aussi de créer les conditions favorables au développement d'une activité économique importante pour l'île. Un dispositif renforcé d'aides régionales a donc été mis en place pour structurer et rendre performant cet élevage.

Cependant, ce développement ne s'est pas fait sans difficultés et la Région a très vite compris l'importance de décentraliser la recherche à la Réunion. C'est donc à sa demande que le Cirad et l'Inra ont décidé de mettre en place, à Saint-Pierre, une équipe de recherche pluridisciplinaire sur l'élevage. Même si l'Irat avait déjà entamé des recherches dans le domaine des productions fourragères, la mise en place du Cirad-Elevage en 1987 a permis de répondre en grande partie au besoin de recherche d'accompagnement du développement de l'élevage bovin à la Réunion.

Pour accompagner le développement rapide de cette filière, la Région a décidé d'intervenir fortement dans la recherche afin de fournir aux éleveurs des moyens adaptés à la situation réunionnaise. Il était crucial pour une île, où la diversité est grande, que des activités de recherche se développent et qu'elles soient spécifiquement orientées sur son propre développement.

Le Cirad-Elevage a eu le mérite d'effectuer ses recherches en milieu réel et en collaboration étroite avec les organismes d'encadrement et socioprofessionnels. Ce type de recherche participative a permis de mettre en application immédiate, au niveau du développement, les résultats obtenus. Ce fut le cas dans le domaine des productions fourragères, avec l'ensilage en balles enrubbannées, par exemple, mais aussi dans celui de la zootechnie, avec le suivi de reproduction, et maintenant dans le domaine sanitaire, avec le suivi écopathologique qui se met en place.

Les recherches qui ont été menées depuis quinze ans ont contribué au développement remarquable de l'élevage réunionnais. La Région, en partenariat avec le Cirad, continuera de s'investir fortement dans ce domaine.

Enfin, d'une manière plus générale et au-delà de ces efforts pour les éleveurs, la Région entend valoriser les atouts de la Réunion, Région de l'Union européenne au cœur de l'océan Indien, et en faire un point d'appui de la recherche en zone tropicale. Une plus grande déconcentration du Cirad participera en effet au rayonnement de notre île et de ses savoir-faire dans tout l'océan Indien.

Paul Verges
Président du Conseil régional de la Réunion

La mise en valeur des Hauts de la Réunion, née du constat d'un déséquilibre entre les Hauts et le littoral, est une priorité politique depuis de nombreuses années. Dès la fin des années 60, une série d'actions est entreprise pour encourager l'activité économique de ces régions de montagne. A partir de 1974, le soutien au développement de l'élevage bovin préfigure le lien étroit entre aménagement du territoire et développement économique, dans lequel la recherche aura un rôle non négligeable à jouer.

Le plan d'aménagement des Hauts a été élaboré en 1978. Il visait un triple objectif : permettre un rattrapage en équipements structurants, compenser par des actions appropriées les handicaps de ces régions de montagne et valoriser leurs atouts, en particulier agricoles et touristiques. Cette triple problématique s'est trouvée dès le départ confrontée à un défi supplémentaire, celui de développer les Hauts avec et pour la population des Hauts, accrochée depuis des années à ces terrains difficiles.

L'élevage est alors apparu comme une activité capable de valoriser ces atouts, mais aussi comme l'une des solutions les mieux adaptées pour « contourner » les contraintes de la montagne que sont la pauvreté des sols et la rigueur du climat. Ainsi, au fil des années, il est devenu nécessaire de former les hommes, d'adapter les systèmes de production, de mettre en valeur le foncier, d'expérimenter. La recherche participative, mise en place en 1987 avec le Cirad-Elevage en collaboration étroite avec les organisations professionnelles et les organismes d'encadrement, s'avérait donc indispensable.

D'autres choix politiques auraient pu être faits, en particulier celui de privilégier la rentabilité économique en encourageant la création d'élevages dans les zones moins difficiles du littoral. Mais quelle alternative aurions-nous laissée aux Hauts ? Que seraient devenus ces territoires des Plaines, des Hauts de Saint-Leu ou de Grand-Coude, aujourd'hui paysages d'herbages si caractéristiques ? Il faut souligner ce choix politique car les conséquences financières ont été, et sont toujours, lourdes pour la puissance publique, et plus particulièrement pour le Conseil régional, qui continue de jouer un rôle fondamental.

Encore aujourd'hui, les Hauts ont besoin de cette activité économique qui, au-delà de la création de richesses et d'emplois, est un outil au service du rééquilibrage du territoire. Gardons cet objectif et favorisons, par l'expérimentation et la recherche, une activité dont l'exemplarité doit être affirmée.

Thierry Devimeux
Commissaire à l'aménagement des Hauts

Avant-propos

L'élevage bovin est une réalité qui marque aujourd'hui les paysages de la Réunion, et tout particulièrement ceux des Hauts. C'est aussi une activité économique qui, introduite au XVIII^e siècle, a évolué rapidement et produit aujourd'hui des quantités croissantes de lait et de viande de qualité pour la consommation des habitants de l'île.

Le développement de l'élevage bovin, tant pour la production laitière que pour celle de viande, a bénéficié des recherches d'accompagnement conduites à la Réunion par l'équipe pluri-institutionnelle du Cirad-Elevage. Le Cirad et l'Inra et, naguère, l'Iteb, intégré depuis à l'Institut de l'élevage, se sont en effet associés, dès 1987, pour réaliser des recherches sur l'élevage bovin, avec le soutien et la collaboration des services du département, de la Région et des organisations professionnelles.

Il n'était pas évident de mener à bien une recherche dont l'objectif était d'accompagner la volonté des dirigeants locaux, soucieux de promouvoir un élevage bovin capable de satisfaire une demande croissante de produits animaux. Le thème central et fédérateur des travaux a été, dans cette logique, l'étude des contraintes qui expliquent la variation de la réponse des animaux aux ressources alimentaires utilisées à la Réunion ; le but étant de parvenir, en partenariat, à la meilleure valorisation possible de ces ressources, dans un contexte d'élevage évolutif, fortement encadré et aux visées ambitieuses.

Les recherches mises en place il y a une quinzaine d'années se devaient de résoudre certaines questions prioritaires liées à la maîtrise de la reproduction des vaches et aux systèmes d'alimentation à l'herbe ; il fallait, notamment, gérer les ressources fourragères et remédier au déficit fourrager hivernal. Puis, les recherches se sont portées sur l'inventaire, la réhabilitation et l'intensification des surfaces fourragères ainsi que sur les reports de production dans le temps et dans l'espace. Parallèlement, les travaux sur la production ont pris en compte la gestion de ces ressources et les facteurs limitant leur efficacité nutritionnelle, comme la qualité du fourrage, les quantités ingérées par les animaux, les régimes proposés, la santé animale.

Le troupeau bovin réunionnais reste et restera de dimension modeste ; l'importance économique du secteur de l'élevage bovin est limitée en valeur absolue : ce serait une erreur de le masquer. Les recherches finalisées menées sur l'élevage revêtent cependant un intérêt majeur à l'échelle de l'île, bien sûr, mais aussi dans un contexte plus vaste.

En effet, l'élevage bovin, par son rôle économique et social dans les campagnes réunionnaises, est une source d'emplois, qui freine l'exode rural. De plus, grâce à une production de qualité et au développement des filières de produits animaux, il est susceptible de couvrir une part importante de la consommation locale de lait et de viande, limitant ainsi les importations et donc la dépendance de l'île par rapport au marché européen ou mondial. Il

joue également un rôle considérable dans la valorisation des zones d'altitude intermédiaire : il participe largement à l'occupation harmonieuse du territoire, à l'entretien du paysage — à la lutte contre les envahissements arbustifs, par exemple —, à la mise en valeur des espaces et à l'aménagement de cette zone écologique particulièrement importante pour l'environnement de l'île.

D'un point de vue plus général, la diversité écologique de l'île offre pour l'élevage, comme pour d'autres productions agricoles, une base d'études et d'expérimentation privilégiée grâce aux gradients climatiques et d'altitude qui s'expriment sur de faibles distances. Pour le Cirad et l'Inra, associés dans ces travaux sur l'élevage à la Réunion, cette base de recherche dans l'Océan indien est un lieu privilégié pour acquérir les connaissances et mettre au point les méthodes et les outils indispensables aux recherches zootechniques, fourragères et écologiques. Ces travaux contribuent de plus en plus au rayonnement de la Réunion et de la recherche française dans toute la région de l'Océan Indien et de l'Afrique orientale et australe. Les compétences acquises sont mises à profit lors de formations, d'expertises, de projets en réseau ou en partenariat, conduits à la Réunion ou à partir de cette base.

Pour bien marquer l'intérêt qu'ils portent aux travaux menés en commun sur l'élevage, le Cirad et l'Inra ont créé un Conseil scientifique du Cirad-Elevage à la Réunion. Ce Conseil, qui s'est réuni en 1995, en 1997 et en 1999, participe, avec les partenaires de la Région, à l'évaluation et à l'orientation des recherches.

Cette synthèse de quinze ans de recherche sur l'élevage bovin souhaitée par la Région, le Commissariat à l'aménagement des Hauts, le Cirad et l'Inra constitue à l'évidence une étape importante. Elle dresse un bilan des connaissances acquises, mais contribue aussi à la diffusion des résultats, dont la portée dépasse largement les limites de l'île. Elle permet en outre de mieux situer les nouveaux enjeux et donc de mieux déterminer les priorités de recherche et de développement pour le futur.

Ainsi, sans abandonner les travaux sur les innovations techniques, les recherches tiennent de plus en plus compte des composantes environnementales et économiques. Il s'agit désormais de rentabiliser l'ensemble d'une filière, de transformer des produits animaux de qualité pour satisfaire les consommateurs, d'accompagner un développement durable qui respecte l'environnement exceptionnel de l'île, de promouvoir la formation des acteurs et de soutenir l'emploi.

Le lecteur trouvera dans les chapitres qui suivent les éléments détaillés d'un impact toujours délicat à apprécier. Il est toutefois crucial de souligner combien la filière de l'élevage a su faire preuve d'un dynamisme remarquable, qui a permis de doubler la production locale de lait et de viande en moins de dix ans, d'améliorer dans des proportions encore plus grandes la technicité des éleveurs et de valoriser des animaux importés à fort potentiel génétique. La rapidité et l'ampleur de ce développement forcent le respect. La recherche a

incontestablement bénéficié de l'extraordinaire enthousiasme, de la volonté sans faille et de la disponibilité des hommes et des femmes de ces filières.

Chercheurs, techniciens et personnels administratifs ont accompli chaque jour leur tâche avec professionnalisme, prenons le plaisir d'explorer la richesse de leurs activités, découvrons l'originalité des résultats obtenus et mesurons l'ampleur du développement auquel ces travaux ont conduit. Le chemin parcouru est certes considérable, mais il ne doit pas occulter les nouveaux défis qui s'offrent à nous comme celui de la viabilité économique des exploitations d'élevage.

Forts de cette expérience prometteuse et conscients du rôle central de l'élevage dans la poursuite du développement harmonieux de l'île, formulons le souhait que la recherche puisse encore longtemps accompagner et conforter la filière de l'élevage à la Réunion.

Gérard Matheron
Président du centre Cirad de Montpellier

Philippe Lhoste
Délégué scientifique pour les productions animales du Cirad

Abstract

Cattle rearing in Réunion Synopsis of fifteen years' research

Research has been conducted on cattle rearing in Réunion since 1962, but it was not until 1987, at the request of professional groups in the region, that a multidisciplinary, multi-institutional research and development team was set up: CIRAD-Elevage. The team set out to respond to the preoccupations of stakeholders in the sector: how could herd reproduction be improved, and how could the winter fodder shortage be overcome? As research progressed, these questions were both extended and more clearly defined: how can rangelands be managed more efficiently depending on the different production systems and in varying ecological contexts? How can the range of fodder resources best be used to satisfy animal requirements? How can herd zootechnic performance and health be improved?

Cattle rearing in Réunion summarizes the research conducted over the past fifteen years. Based on an analysis of the range and dynamics of animal production systems against their historical and current backdrop, it sets out the problems involved in developing cattle rearing in Réunion. It goes on to tackle the central issue of fodder resources—performance of different species, establishment, fertilization and rangeland agroecological management—and animal feeds—animal production systems, ensilage, feed resources from outside the farm, food intake. Lastly, it covers herd zootechnic performance and health.

This research has resulted in numerous concrete applications such as the introduction of reproduction monitoring in dairy and milch herds, the development of ensilage using wrapped bales and of diagnostic techniques and tools to assist in rational rangeland management, and the organization of ecopathological monitoring of infertility.

However, over and above its strictly local relevance, it has also provided a wide range of information that could be of use in all tropical regions, and in mountainous zones in particular.

Situation et histoire d'un élevage insulaire

L'espace insulaire réunionnais se caractérise par une inversion de polarité (JAUZE, 1998). En effet, le littoral joue le rôle de centre décisionnel et relationnel : 85 % de la population s'y concentre. La ceinture littorale, qui abrite l'industrie sucrière et les activités de service, assure l'essentiel de l'activité économique de l'île, contraignant les Hauts et les cirques à un rôle périphérique. L'analyse de ce « centre », topographiquement périphérique, fait apparaître une bipolarisation, avec les deux grosses agglomérations de Saint-Denis, au nord, et de Saint-Pierre, au sud (JAUZE, 1998). Le centre se réduit donc à l'axe littoral nord-sud qui passe par l'ouest et qui rassemble plus de 70 % des entreprises industrielles, 65 % des activités tertiaires, 75 % des commerces d'importation et de gros, 84 % des établissements financiers et 80 % du produit touristique. Cette analyse de l'espace selon JAUZE (1998), bien qu'assez caractéristique du développement d'un milieu insulaire, témoigne de l'héritage du passé. A la Réunion, l'organisation de l'espace résulte de la colonisation et de la départementalisation, qui ont induit les grandes mutations de la société réunionnaise.

Le déséquilibre entre le littoral et l'intérieur a toujours été flagrant dans cette île du fait de l'histoire, mais aussi de la topographie. Ce n'est que dans les années 70, avec la politique nationale de solidarité sur les massifs montagneux, que le désir de rééquilibrage spatial entre ce centre (littoral) et sa périphérie (Hauts) a pu se concrétiser. Un plan d'aménagement des Hauts, fondé en grande partie sur le développement de l'élevage, s'est mis en place. Bien que l'aménagement pastoral ne concerne que 20 % de la surface agricole utile à la Réunion, le développement de l'élevage joue un rôle clé dans l'aménagement du territoire. Du point de vue économique et social, il a permis, grâce à l'organisation de filières de production, de stabiliser la population à l'intérieur des terres. Il participe au développement du tourisme (paysages, accueil, produits frais de qualité) avec lequel il est de plus en plus lié (gestion des effluents et des paysages). En effet, du point de vue de l'aménagement du territoire, le développement de ces deux activités — élevage et tourisme — suppose que des mécanismes d'incitation favorisent une croissance respectueuse de l'environnement. Les herbages constituent une composante marquante de l'espace rural, dont il faut tenir compte dans la relation entre les espaces, les ressources et les acteurs (MANDRET, 1999). Si on admet que l'objectif de pérennité est à la base de cette relation, il en résulte un changement des modes de représentation du développement de l'élevage qui ne sont plus seulement sectoriels mais globaux, à l'échelle de l'espace insulaire. La recherche se doit donc d'accompagner l'intégration de l'élevage dans cette nouvelle représentation de l'espace insulaire.

Les grandes mutations de la société réunionnaise

Gilles Mandret

L'histoire de la Réunion montre que, si la présence des bovins sur l'île est ancienne, leur élevage est plutôt récent. L'absence d'une tradition d'élevage s'explique par l'origine de la population : jusqu'au xx^e siècle on parlera plutôt de propriétaires d'animaux que d'éleveurs. L'élevage bovin s'organise donc progressivement dès le xviii^e siècle sous l'impulsion de l'administration. Il suit le modèle métropolitain mais devient au xx^e siècle un élément structurant dans l'aménagement du territoire. Les zébus qui servaient surtout au charroi sont remplacés par des races à viande et des races laitières, importées principalement de métropole. En 1946, avec la départementalisation, des plans de relance de l'élevage bovin sont mis en place. Ils se traduisent, avec l'aide de la Région et de l'Union européenne, par des progrès rapides et considérables de l'élevage ainsi que par une organisation professionnelle de la filière.

Ile escale et élevage de comptoir

Placée sur la route des Indes, la Réunion, anciennement l'île Bourbon, a longtemps fait office d'escale maritime. Les premiers animaux déposés sur l'île, probablement par des navigateurs portugais au début du xvii^e siècle, sont des porcs et des chèvres. Les récits des navigateurs comme Samuel Castleton, capitaine du navire anglais *The Pearl* en 1613, ou Guillaume Bontekoë, du navire hollandais *Nieuw Horn* en 1619, font état d'une abondance de canards, d'oies

sauvages, de pigeons, de perroquets gris, de tortues de terre et de mer, de cabris et de grosses anguilles, mais ne mentionnent pas les bovins. Puis en 1638, François Cauche, qui navigue sur le *Saint-Alexis*, signale la présence de bovins (MAURIN et LENTGE, 1981). Il est probable que les navires qui vont jusqu'à Java, poussés par les vents d'ouest à la limite de l'océan Antarctique, et qui reviennent vers l'île Bourbon grâce aux alizés du sud-est ramènent des bovins de Java comme ils le feront deux siècles plus tard. C'est en 1649, à la suite d'une initiative d'Etienne de Flacourt alors gouverneur de Fort-Dauphin à Madagascar, qu'on parle pour la première fois de l'introduction de bovins dans l'île : quatre génisses et un taureau y sont envoyés (CHANE-KUNE, 1993). En fait, les navigateurs s'arrêtent sur l'île, escale indispensable dans le puissant couloir des quarantièmes rugissants, pour se reposer et se ravitailler, sans l'occuper.

Malgré la prise de possession de l'île par les Français en 1638, il faut attendre 1663 pour qu'un Français du nom de Louis Payen s'installe définitivement en compagnie d'un autre Français et de dix Malgaches. Ces nouveaux arrivants ne pratiquent, par commodité, que l'élevage de cochons et de cabris, destinés à être vendus aux navires de passage. Peu après, Louis XIV décide, par l'intermédiaire de la Compagnie des Indes orientales, de faire de cette île une escale, une infirmerie et un magasin sur la route de Surat, en Inde. Là encore point de bovins, on se contente d'y faire des salaisons de porcs pour les navires faisant escale. Il est vrai que les premiers habitants ne sont pas des éleveurs mais plutôt des gens de la mer, des flibustiers, comme le rapporte Estienne Regnault, gouverneur de l'île en 1665. Il n'est alors pas étonnant qu'aucune tradition d'élevage ne se soit instaurée dans l'île Bourbon ; les peuplements qui suivront n'amèneront d'ailleurs pas plus d'éleveurs de métier. Le xvii^e siècle n'est pas



Île de la Réunion
(ADR, photo
G. Mandret).

favorable à l'élevage bovin et, en 1671, le successeur de Regnault, Jacques de la Hure, ira même jusqu'à interdire aux habitants la consommation des produits de leur élevage et notamment de la viande de bœuf, qui est réservée aux équipages des vaisseaux de la Compagnie. Cette interdiction aura comme conséquence d'appauvrir la biodiversité animale, du fait entre autres de l'intensification de la chasse à la tortue de terre, mais incitera par la suite à développer l'élevage.

Il faut attendre le début du XVIII^e siècle pour que l'élevage bovin se développe, mais toujours avec des éleveurs dont ce n'est pas le métier. BOUCHER (1978) fait état d'un recensement de 1704 sur les possesseurs d'animaux, avec leur métier et leur origine, qui montre bien que les plus gros troupeaux appartiennent à ceux qui se sont enrichis dans la flibuste. Dès 1722, la Compagnie des Indes orientales ordonne de maintenir à côté du café, la polyculture vivrière et l'élevage, imposant à chaque propriétaire de fournir une fois par semaine un bœuf aux magasins de la Compagnie. Cette situation perdure jusqu'à la conquête anglaise de l'île de France, l'actuelle Maurice, en 1810, car l'île Bourbon est placée sous la tutelle de cette dernière et lui sert de grenier alimentaire (DUPONT, 1990). La poussée démographique — 426 habitants en 1705, 1 200 en 1714 — favorise à la fois l'extension du peuplement vers le nord et le sud et le développement de l'élevage dans l'île (BARASSIN, 1989). Le bovin devient alors un bien appréciable dont on dote la fille à son mariage. C'est à cette époque, 1711, que l'on parle d'installer des boucheries dans chaque quartier. Culture et élevage, chasse et pêche, petites industries artisanales sont, par ordre d'importance décroissante, les principales activités au début du XVIII^e siècle. Le recensement d'Hardancourt en 1711 dénombre 87 familles s'adonnant à l'élevage, sur 108 au total, et 2 030 bovins, pour 1 486 porcs et 4 529 cabris. Les élevages ont généralement peu d'animaux mais certains grands propriétaires terriens possèdent déjà de grands troupeaux. Avec la Compagnie des Indes et ses troupeaux localisés à Sainte-Suzanne, à Saint-Denis, à Rivière des Galets et à l'Etang du Gol, l'élevage bovin s'implante dans le sud de l'île.

Le début d'une organisation de l'élevage : un élevage « administré »

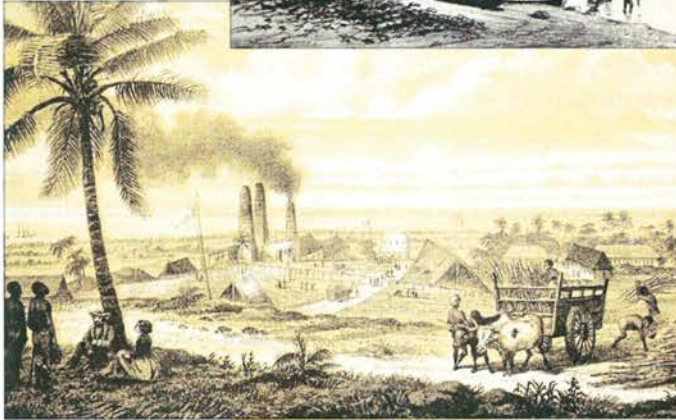
La présence de tanneurs dans l'île permet à un petit artisanat du cuir et de ses dérivés de se développer jusqu'au XIX^e siècle ; il traite jusqu'à 2 500 peaux par an dès 1710 (DODILLE, 1990). Un autre regard est porté sur l'élevage bovin. A l'exemple de François Ricquebourg, charpentier venu d'Amiens, on commence à créer des prairies artificielles et à dresser des bœufs pour le charroi. Globalement, le XVIII^e siècle est un siècle de développement de l'élevage bovin à l'île Bourbon, jusqu'à ce que la révolution de 1789 vienne ruiner tous les efforts entrepris. En effet, face à la menace de guerre avec l'Angleterre, la

France y renforce ses garnisons comme elle le fait sur l'île de France. Dans le même temps, de nombreux Français s'installent dans l'île mais leurs exploitations de taille réduite subviennent à peine à leurs besoins (CHANE-KUNE, 1993). Cette situation va engendrer une grande pénurie de viande de boucherie, une forte hausse des prix et l'abattage des jeunes animaux réservés jusque là à la reconstitution des troupeaux (WANQUET, 1981).

En 1793, les habitants ne sont plus maîtres de leur propre développement : l'Assemblée coloniale de l'île de France interdit à l'île Bourbon de s'approvisionner en animaux directement à Madagascar sans son accord. Il est vrai qu'à cette époque, l'Assemblée fait passer l'île Bourbon au second plan par rapport à l'île de France, elle ira même jusqu'à débaptiser l'île Bourbon pour lui donner le nom de la Réunion sans consulter la population. Pour la première fois donc, l'Etat intervient directement dans l'administration de l'élevage. Avec le blocage des importations, l'Assemblée coloniale décide de relancer l'élevage et déclare, le 2 mai 1795, que « les troupeaux en général, à l'exception des chevaux, ne seront pas compris dans l'estimation des biens sur lesquels la contribution [impôt] doit porter ». Elle impose aux habitants de déclarer tous leurs animaux à la municipalité de leur domicile, qui contrôle la commercialisation du bétail. Elle met en place des pâturages communaux dans le sud : « le terrain concédé aux habitants de Saint-Joseph le 25 juin 1789 ne l'a été que sur la condition expresse de leur appartenir en commun pour le pâturage de leurs troupeaux » (WANQUET, 1981). Elle organise elle-même l'importation d'animaux à partir de Madagascar et permet à la Réunion de profiter de certaines occasions comme le débarquement de 35 bœufs du brick *l'Union* qui revient de Sainte-Luce et qui n'a plus assez de fourrage pour continuer sur l'île de France. En fait, tous les responsables politiques réunionnais s'accordent à dire que l'importation d'animaux de Madagascar est un préalable à la relance de l'élevage. Même si, par la suite, lors de l'occupation anglaise, un grand nombre d'animaux sont introduits à partir du Cap (ALBY et SERVIABLE, 1981), Madagascar reste le plus grand fournisseur de bovins de l'île, comme en témoigne le journal personnel de J.B.R. Lescouble du 9 novembre 1824 : « M. Langué a porté de Malgache [Madagascar] une si grande quantité de bœufs que la viande a été mise à 24 piastres la livre » (DODILLE, 1990). Ces importations ne se font pas sans problèmes sanitaires car on parle déjà en 1795 de farcin et dès 1824, de galle et de tiques.

Jusqu'en 1848 les cultures vivrières, surtout le maïs, occupent une superficie supérieure à celle de la canne à sucre, dont le développement s'accroît dès 1830, mais aussi à celle de l'élevage. Le paysannat parcellaire venu d'Europe avait pu s'installer avant les plantations cannières. Le développement de ces dernières l'évince et l'oblige à s'établir dans les zones marginales où viennent s'intégrer par la suite les esclaves affranchis et les travailleurs venus des plantations. A la limite des plantations et du paysannat parcellaire des Hauts se développe une zone où les colons, qui cultivent le géranium pour de grands propriétaires, achètent des terres et développent l'élevage pour échapper à

*Place à Saint-Gilles :
parcelle d'élevage
(ADR, photo
G. Mandret).*



*Bœufs pour
le charroi
de la canne à sucre
(ADR, photo
G. Mandret).*

*Activité maritime à
Saint-Denis (ADR,
photo G. Mandret).*



l'emprise des propriétaires et rejoindre le paysannat parcellaire auquel ils aspiraient (BENOIST, 1984). Au XIX^e siècle, deux mouvements contradictoires vont coexister au sein du système agraire réunionnais, celui de la concentration des terres et celui du démembrement des grandes parcelles. Ce dernier semble avoir été le plus fort car, en 1848, 70 % des propriétés ont moins de 5 hectares, contre 26 % en 1778 (CHANE-KUNE, 1993) et 80 % en 1995 (INSEE, 1997). L'intervention de l'Etat dans le système agraire devient de plus en plus importante et, pour éviter que le processus de concentration des terres n'entraîne un

accroissement des inégalités au sein de la population blanche, les pouvoirs publics favorisent la mise en valeur des terres du centre de l'île. En 1830, des concessions sont octroyées dans le cirque de Salazie et, en 1840, c'est au tour de Cilaos, puis des Plaines quelques années plus tard. Mafate en est écarté en raison de difficultés d'accès.

Grâce à l'activité sucrière de l'île, les pouvoirs publics améliorent le réseau routier et achèvent la route des Plaines ainsi que la route de ceinture de l'est. Ils favorisent la création d'une Chambre d'agriculture qui se charge de la canne à sucre mais ne s'occupe pas encore d'élevage. Le mouvement vers les Hauts de l'île s'accroît dès 1848 avec l'abolition de l'esclavage, qui entraîne un doublement de la densité de population en quatre ans dans le centre de l'île et une déforestation sauvage (FUMA, 1979). C'est donc encore une population sans tradition d'élevage qui s'installe dans les Hauts, les affranchis n'ont d'ailleurs pas les moyens financiers de constituer des troupeaux. On ne parle pas encore d'éleveurs mais de propriétaires d'animaux.

L'introduction d'animaux de différentes origines est facilitée par l'administration, qui décide, dans un arrêté du 9 octobre 1845, de donner une prime à l'importation de bestiaux pesant plus de 150 kilos (ARCHIVES DEPARTEMENTALES DE LA REUNION, FM53). En un an, de décembre 1845 à novembre 1846, ce sont 357 têtes de bétail qui sont importées de Madagascar et 590 de Bali (BAVOUX, 1994). En fait les zébus d'Indonésie sont plus appréciés car ils sont mieux conformés. Un zébu de Bali pesait en moyenne 300 kilos contre 150 kilos pour celui de Madagascar. Des animaux reproducteurs français et anglais sont introduits à la Plaine des Palmistes, en 1862, sur la première ferme d'élevage spécialisée dans la reproduction. Une convention lie le propriétaire de cette ferme, Jules Godefroy, et la Direction de l'intérieur dans ce qui semble être le début d'une organisation de la filière de l'élevage à la Réunion. Début difficile car dans sa lettre du 20 juillet 1863 au directeur de l'intérieur, Jules Godefroy s'étonne « du peu d'empressement qu'ont mis les propriétaires éleveurs à profiter de la libéralité de l'administration, qui mettait à leur disposition les moyens d'améliorer leurs races avec un étalon (de race Durham) vraiment remarquable » (ARCHIVES DEPARTEMENTALES DE LA REUNION, 7M50). L'administration mettra aussi en place une première réglementation sanitaire avec la création d'une quarantaine à la Grande-Chaloupe.

Ce développement administré sera en partie un échec car, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, la Réunion est dans une totale dépendance alimentaire vis-à-vis de l'extérieur. Le début du XX^e siècle ne verra pas la situation s'améliorer, avec la grande épizootie de peste bovine qui décime le cheptel de 1900 à 1902. Cette situation facilite l'installation définitive d'une puissante classe sociale liée aux affaires (DUPONT, 1990), bien que l'importance stratégique de la Réunion décline du fait de l'ouverture du canal de Suez en 1869 et de l'intérêt nouveau porté à Madagascar. Le mouvement de concentration des terres pour la canne à sucre va orienter l'économie de l'île et lui apporter la renommée, mais il la mettra sous l'entière dépendance des cours internationaux du sucre,

*Infrastructures
routières
à la Réunion
(ADR, photo
G. Mandret).*



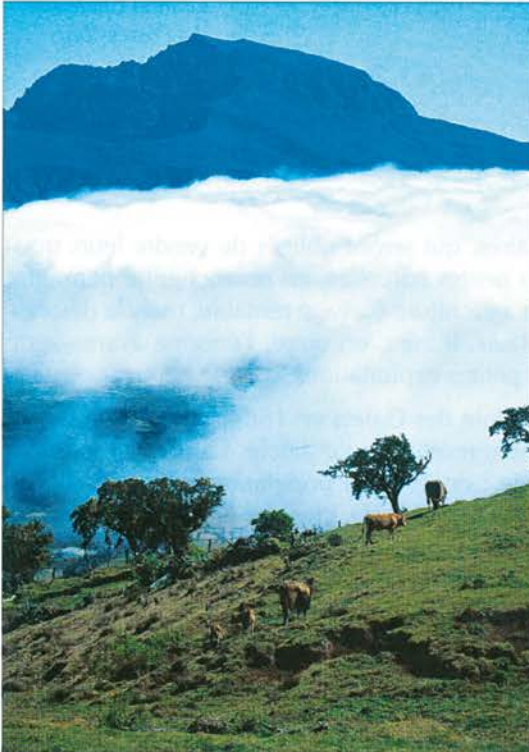
*Site choisi pour
la quarantaine à la
Grande-Chaloupe
(La Possession)
et quai de
débarquement
(ADR, photo
G. Mandret).*

ruinant parfois de grands propriétaires, qui seront obligés de vendre leurs troupeaux. Le démembrement en trop petites parcelles, en revanche, ne permettra pas de développer une association agriculture-élevage rentable, mais la déforestation servira l'élevage dans les Hauts. Il aura, en outre, l'énorme avantage de conserver le caractère familial des petites exploitations.

Malgré l'ouverture du port de la pointe des Galets en 1884, la croissance économique stagne pendant la première moitié du ^{xx}e siècle. La démographie de l'île est à l'image de son économie : en 1941 la population est au niveau de 1869 avec 220 000 habitants. La *Revue agricole*, créée et animée par Auguste de Villèle, essaie de stimuler le développement de l'élevage. Elle incite les grands propriétaires à pratiquer l'embouche des bœufs de travail destinés à la réforme, dès 1895, à créer des bains détiqueurs, en 1902, à utiliser le « fourrage mélassé colonial » qui contient 80 % de mélasse, en 1903, à réaliser l'ensilage des têtes de canne à sucre et des tiges de maïs, en 1924. C'est l'époque où l'on importe jusqu'à 3 500 bovins par an, où l'on crée le premier concours régional agricole, du 19 au 27 octobre 1918, à Saint-Denis, et où

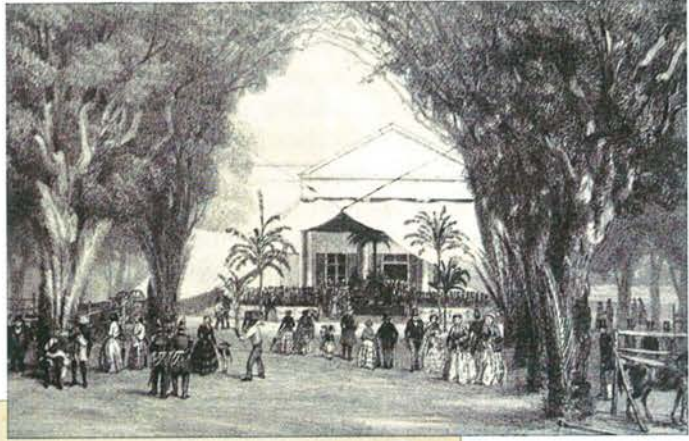
l'on met en place, le 16 janvier 1919, un service de l'agriculture. Celui-ci se compose de quatre sections : eaux et forêts, médecine vétérinaire et élevage, agriculture, laboratoire d'analyses (ANSEL, 1980a). La Première Guerre mondiale provoque alors les mêmes effets que la guerre contre les Anglais en 1810 puisque la pénurie de viande oblige l'île à vivre sur son cheptel. Pour se relever de la guerre, la Réunion décide d'encadrer le développement de l'élevage. En 1927 se constitue le Syndicat d'élevage de l'étang Saint-Leu, qui regroupe 500 bovins sur 1 500 hectares de parcours domaniaux. En 1929, on crée une station agronomique à la Plaine des Palmistes. Dans son rapport du 16 juin 1930, le directeur de la station agronomique, A. Kopp, écrit en parlant des Plaines : « deux ont une importance agricole, celle des Palmistes [...] avec le climat de Cherbourg [...] et celle des Cafres [...] Elles sont vouées aux cultures des régions tempérées et à l'élevage, c'est-à-dire tournées vers l'approvisionnement de l'île ». Il ajoute « un second facteur de prospérité [après la canne] existe dans la mise en valeur progressive des Hauts de l'île, mise en valeur tournée vers l'élevage » (KOPP, 1930). L'élevage laitier se développe. En 1934, la Scecr, Société coopérative d'élevage et de culture de la Réunion, est créée sur 400 hectares à la Plaine des Cafres au domaine Bois Joli-Potier, avec 100 têtes, pour introduire des reproducteurs de race Schwitz. Les débuts de la filière du lait sont difficiles. La Scecr ne vend que 13 veaux en trois ans et voit la laiterie de la Providence, créée en 1940 avec un trou-

peau de 30 Brunes des Alpes, vendre avec succès pendant une dizaine d'années des jeunes reproducteurs, Bruns des Alpes, mais aussi Pie Noir. L'élevage était donc déjà envisagé dans une optique de substitution aux importations.



La déforestation dans les Hauts favorise l'élevage (photo G. Mandret).

Premier concours agricole à la Réunion (ADR, photo G. Mandret).



Premier abattoir de Saint-Denis (ADR, photo G. Mandret).

Le modèle métropolitain

C'est dans cette situation peu prospère qu'intervient la départementalisation de la Réunion, en 1946. Des masses financières importantes sont alors injectées dans l'île au nom de la solidarité nationale. Elles vont bouleverser les structures sociales et économiques. L'économie est de plus en plus déterminée par les transferts en provenance de métropole, entraînant une relation de cause à effet après 1950. Ainsi, grâce aux actions de santé et aux prestations sociales, l'île va connaître un très fort taux de natalité — 50 % de la population a moins de 20 ans — et un faible taux de mortalité, d'où une croissance démographique de 70 % en vingt ans : le nombre d'habitants passe de 241 000, en 1946, à 416 000, en 1967. L'élevage est alors au dernier échelon de la production agricole réunionnaise. L'île, qui découvre son retard sur la métropole, entreprend des programmes de relance de plus en plus importants (SQUARZONI, 1986). Mais « les essais de diversification de la production sont vécus comme une menace dès qu'ils touchent aux terres à canne. L'équilibre financier des

usines, fragilisées par leur endettement, dépend en effet directement d'un approvisionnement en canne qui soit régulier et abondant [...] Du coup, les plans de développement économique, de relance de la canne ou d'expansion de l'élevage sont évalués en fonction de l'intérêt des grandes exploitations... » (BENOIST, 1984). L'accent est d'abord mis sur le développement de la production de lait (BERTILE, 1978). En 1954, la Scocr est liquidée et reprise par l'Etat par l'intermédiaire de la Direction des services agricoles. Sur le modèle métropolitain, on en fait à la fois un centre de production de géniteurs de races pures Schwitz, Frisonne et Brune des Alpes importés de métropole — bien que, entre 1967 et 1971, 390 Holstein soient importés d'Australie —, pourvoyeur des stations de monte fixes et ambulantes de l'île, un centre d'insémination artificielle, un centre d'expérimentation pour l'amélioration des pâturages et un centre d'application pour les élèves de la future école d'agriculture de Saint-Joseph, qui sera ouverte l'année suivante. Ce modèle de ferme administrative est si peu représentatif que la Direction des services agricoles l'abandonne au profit de la Chambre d'agriculture, en 1967. La Sicalait, Société coopérative des producteurs de lait, la reprend en 1974.

Avec la mécanisation des exploitations dans les années 60 et l'urbanisation, une grande partie du cheptel de trait est abattu et une nouvelle catégorie d'agriculteur se développe : les maraîchers éleveurs, qui reconvertissent les animaux de trait en producteurs de fumier. Le cheptel passe de 49 313 bovins, en 1943, à 17 730, en 1973. C'est aussi le début de la professionnalisation de l'élevage avec la création de la Coopérative des éleveurs de la Plaine des Palmistes, en 1960, et l'installation d'une antenne des services vétérinaires dans le sud, au Tampon, la même année. Cette professionnalisation se poursuivra, en 1962, par la création de la Sicalait et la mise en place d'un organisme de recherche, l'Irat, Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières, intégré par la suite au Cirad. En 1968, le Suader, Service d'utilité agricole et de développement de l'élevage réunionnais, est créé par la Chambre d'agriculture. Il sera agréé, en 1976, en tant qu'Etablissement départemental d'élevage, Ede, pour le contrôle des performances, le contrôle laitier et l'identification des animaux. Très vite, le Suader-Ede a des activités très diversifiées : insémination artificielle, expérimentation fourragère et parfois zootechnique, bureau d'étude des performances, vulgarisation. Ces différentes fonctions, qui bénéficient depuis le début des financements de l'Anda, Association nationale pour le développement agricole, et par la suite, des collectivités locales, perdurent bien que l'expérimentation soit confiée au Cirad. En fait, la loi du 28 décembre 1966 sur l'élevage attribue à l'Ede un rôle capital de liaison entre la recherche et le développement. L'action de l'Ede va être déterminante pour encadrer le développement de l'élevage et un grand nombre de techniciens de valeur seront engagés. De son côté, la Sicalait va entrer en concurrence avec la Cilam — Compagnie laitière des Mascareignes, fondée par des coopératives laitières métropolitaines et France-Lait afin de traiter le lait en poudre importé de métropole et offert aux écoles par le minis-



*Zone d'élevage
laitier à la Plaine
des Palmistes
(photo G. Mandret).*

tère des départements d'outre-mer. Le rapprochement entre ces deux organismes est donc décidé en 1970 et la Sicalait devient l'actionnaire principal de la Cilam en 1972. La répartition des tâches assure à la Cilam la fabrication et la distribution des produits laitiers et une usine est ouverte à Saint-Pierre, en avril 1975.

En 1972, le lait perd sa priorité au profit de la viande. En effet, le marché mondial de la viande connaît une période de forte tension compromettant l'approvisionnement de la Réunion. Le prix de la viande au détail double en Europe, si bien que Madagascar, fournisseur traditionnel de la Réunion, préfère exporter sa production vers l'Europe. Les prix étant moins attractifs à la Réunion, l'élevage réunionnais, alors constitué de petits éleveurs traditionnels — 86 % des 5 510 éleveurs de 1973 ont moins de 5 bovins —, doit relancer sa production pour pallier ce déficit. En 1974, 90 % de la consommation de viande de l'île est couverte par les importations (HOARAU, 1974). La profession agricole, représentée par le Crédit agricole et la Chambre d'agriculture, afin d'assurer l'autoapprovisionnement de l'île en dix ans, décide alors de lancer un important programme de développement de l'élevage de bovins à viande encadré par la Sicaprovire (Groupement des producteurs de viande bovine améliorée de la Réunion, qui deviendra la Sicarevia) et une société de services, la Sedael (Société d'études, de développement et d'amélioration de l'élevage, océan Indien), pour la production de géniteurs (voir « Une organisation en filières de production »). Les premiers géniteurs sont importés d'Afrique du Sud de mai 1974 à octobre 1976. Ce plan de relance de l'élevage bovin n'est pas un succès, si bien que le Conseil général institué, sous la présidence de P. Lagourgue, en décembre 1977, une commission spéciale chargée d'analyser les causes de cet échec et d'apprécier les chances de succès de l'élevage bovin dans le département. La commission spéciale « élevage bovin » est présidée par Yves Barau avec, pour rapporteur,

Wilfrid Bertile et, pour membres, Paul Badre, Marcel Boissier, Henri Fort, Jean Fontaine, Claude Hoarau, Paul Payet, André Thien Ah Koon et Jean-Paul Virapoullé. Le préfet Bernard Landouzy participe aux travaux de cette commission, dont le rapport est présenté à l'Assemblée départementale en juillet 1978 (CONSEIL GENERAL DE LA REUNION, 1978). Il prévoit l'élaboration d'un deuxième plan de relance pour créer toutes les conditions d'un développement progressif de l'élevage bovin dans le département avec les recommandations suivantes :

- renforcement administratif et financier des Associations foncières pastorales (Afp) ;
- renforcement du Service d'utilité agricole et de développement (Suad) ;
- stages en métropole et à la Réunion, sur des exploitations de qualité ainsi que dans des centres de formation professionnelle agricole, formation en élevage au régiment du service militaire adapté de la Réunion ;
- application de la dotation d'installation aux jeunes agriculteurs, extension à la Réunion de l'exonération des taxes foncières sur les propriétés non bâties, adaptation de la législation sur l'inculture, amélioration des structures par l'application des textes sur le remembrement, exonération des taxes sur les droits de mutation, extension dans le domaine agricole des exonérations fiscales qui touchent les bénéficiaires industriels et commerciaux réinvestis ;
- mise en place de recherches sur l'engraissement des mâles à partir de sous-produits de la canne à sucre, sur les cultures fourragères, sur la conduite des troupeaux de vaches allaitantes, sur l'amélioration génétique et sur la pathologie ;
- extension des primes à la naissance et institution d'une prime à l'acquisition de vaches, aides à la création de nurseries d'intérêt local sur des élevages existants en plus des primes pour la conservation de génisses de qualité, octroi d'une prime du Fodebo (Fonds pour le développement de l'élevage bovin) pour l'importation de taurillons et pour l'abattage d'animaux à l'engrais, contrôle de la qualité des élevages par l'Ede ;
- financement d'un programme de voirie rurale par le Feoga (Fonds européen d'orientation et de garantie agricole), extension du réseau d'alimentation en eau et construction de bassins de collecte, accélération de l'électrification, accélération du raccordement téléphonique ;
- construction d'une salle de découpe et établissement d'un plan départemental d'abattoir qui garantisse un minimum de ressources aux trois abattoirs de Saint-Denis, Saint-Pierre et Saint-Benoît, fermeture progressive des autres abattoirs de l'île en liaison avec le Fodebo, pour mettre en place une politique d'orientation de la production et de la consommation locale à l'aide d'une péréquation conjoncturelle et localisée permettant de soutenir dans le temps la production, réforme des statuts du groupement d'intérêts économiques Gie-viande, créé en 1975 à l'initiative de la Sicaprovire, pour former une structure de concertation rassemblant les producteurs, les importateurs, les grandes et moyennes surfaces, les petites surfaces, les transformateurs et l'administration ;

- cession au département des domaines de Monvert-les-Hauts (Saint-Pierre), Bras-Creux (Tampon) et Grand-Pourpier (Saint-Paul) appartenant à la Sicaprovire, prise de participation de la Sicaprovire dans la Sedael ;
- mise en place d'un Conseil de développement de l'élevage avec des représentants des assemblées locales, des administrations et de la profession pour suivre la réalisation du plan de relance et jouer un rôle prospectif.

Ce deuxième plan de relance ne voit pas vraiment le jour mais certaines des recommandations de la commission spéciale sont reprises. En 1979, par exemple, le Gie-viande, dont le rôle est de résoudre les problèmes posés par l'approvisionnement du département en viande tout en assurant l'écoulement de la production locale (LAMBERT, 1978), est remplacé par le regroupement des professionnels de la viande (producteurs, importateurs, détaillants, transformateurs) au sein d'une organisation interprofessionnelle : l'Aribev, Association réunionnaise interprofessionnelle du bétail, de la viande et du lait. Cette même année, une instance de concertation sans autorité directe, ou comité de développement, se met en place avec l'Irat-Cirad, la Sicaprovire, l'Ede, le Suad, la Direction départemental de l'agriculture, la Direction des services vétérinaires, la Safer (Société d'aménagement foncier et d'établissement rural)... Cette instance appelée Conférence de coordination technique de l'élevage aborde pour la première fois le problème des relations entre la recherche et le développement à la Réunion (ANSEL, 1979). Après avoir mesuré la faiblesse des moyens mis à la disposition de la recherche pour le développement de l'élevage, elle demande au ministère de l'agriculture de créer à la Réunion un centre technique chargé de coordonner les actions de recherche appliquée en matière d'élevage (ANSEL, 1980b). Cette demande n'aboutit pas, faute de crédits, mais l'idée est reprise par le président du Conseil régional qui sollicite le Cirad en 1986. Entre-temps, la préfecture, par la voie de son commissaire à la rénovation rural, L. Rieul, demande à l'Union des Afp de mener des essais fourragers en grandes parcelles en liaison avec l'Irat et l'Ede (RIEUL, 1981).

Après avoir été président du Conseil général, P. Lagourgue devient président du Conseil régional de 1986 à 1992. L'attachement au développement de l'élevage dont il avait fait preuve à la tête du Conseil général se confirme et s'amplifie. L'appui au développement de l'élevage bovin devient un enjeu et une priorité pour la Région et la filière de l'élevage bovin connaît un développement important et rapide. A la demande du président Lagourgue et grâce à la volonté de Jacques Poly, président-directeur général de l'Inra, Institut national de la recherche agronomique, le Cirad et l'Inra créent le Cirad-Elevage en 1987. Cette création fait suite à une mission d'étude de quatre spécialistes conduite par Robert Jarrige, lancée par l'Inra en décembre 1985. Le Cirad-Elevage est chargé du programme de recherche appliquée au développement de l'élevage bovin à la Réunion. Son orientation est très significative de l'évolution en cours, car d'un objectif de « produire plus » elle passe, dès 1993, à un objectif de « produire mieux, autrement et à moindre coût »

(MANDRET *et al.*, 1994). L'enquête réalisée par le Cirad-Elevage en 1991 (voir la partie « Utilisation et valorisation des ressources alimentaires ») dénombre 307 élevages spécialisés sur les 3 644 exploitations de l'île possédant des bovins (SALON, 1992). Ces 10 % d'élevages spécialisés disposent des troupeaux les plus importants et des surfaces fourragères les plus étendues. Ce sont ces exploitations qui assurent 90 % de la production de viande et de lait sur l'île. L'élevage bovin se développe à partir de ces exploitations spécialisées, notamment le secteur laitier qui bénéficie du soutien constant de l'Etat français, depuis le début des années 80, et de celui de l'Europe, par la suite. Quatre programmes pluriannuels se sont succédé jusqu'à 1997.

Le premier, de 1980 à 1983, est élaboré en étroite collaboration avec le Commissariat à l'aménagement des Hauts. Il fait intervenir, outre le Forma (Fonds d'orientation et de régulation des marchés agricoles) et le Fse (Fonds social européen) pour l'encadrement rapproché, le Fodebo (avant la création du Fodelait, Fonds de développement laitier, en 1983). Son démarrage est laborieux et incertain, mais il constitue aujourd'hui le socle de la production laitière.

Le deuxième, de 1984 à 1988, connaît une période euphorique pendant laquelle de nombreuses installations sont créées dans des conditions souvent précaires, ce qui témoigne de l'enthousiasme pour le plan d'aménagement des Hauts. Le nombre de producteurs de lait y culmine en 1985 avec 285 éleveurs. C'est également l'époque des premiers plans de développement laitier, de la mise en place du Cirad-Elevage pour mener les recherches d'appui à la filière laitière, du paiement du lait à la qualité, du froid à la ferme et de la collecte en camions-citernes (SICALAIT, 1997).

Le troisième plan, de 1989 à 1992, élaboré lui aussi en pleine euphorie, prévoit une forte croissance et une extension des zones de production. Un vaste programme d'importation de génisses de qualité est engagé. Mais les réalités économiques et les modifications profondes de la filière vont se traduire par une véritable crise de croissance qui engendre le doute, la frilosité et le découragement. Il en résulte une forte diminution du nombre de producteurs, l'abandon du projet d'extension des zones de collecte et, pour la première fois depuis plus de vingt ans, une régression de la production en 1992, aggravée par l'épidémie de dermatose nodulaire contagieuse qui frappe le cheptel bovin cette année-là. La gravité de la situation motive une analyse approfondie, qui fait l'objet du livre blanc sur la production laitière réalisé par la Chambre d'agriculture, l'Ede et la Sicalait avec les autres partenaires techniques et financiers de la filière (SICALAIT, 1997). Cette analyse débouche sur l'élaboration du quatrième plan, pour 1993-1997, baptisé plan de consolidation et de relance de la production laitière (voir « Une organisation en filières de production »).

Ces vingt années de politique volontariste, largement soutenue par les pouvoirs publics et les collectivités locales, permettent de bâtir, après beaucoup d'efforts, de persévérance, de rigueur et de discipline individuelle et collective, les filières de production.

Pourtant, à l'échelle de l'île, on peut parler d'un demi-succès car le doublement, de 1946 à 1982, de la population dans les communes du littoral va accentuer le déséquilibre entre le littoral et l'intérieur des terres. En effet, pendant cette période, le secteur primaire perd un tiers de ses effectifs alors que ceux des services sont multipliés par 4,5 (DUPONT, 1990). L'émergence d'une classe moyenne sur le littoral, constituée en grande partie par les employés des administrations locales et étatiques et des entreprises de services qui gravitent autour d'elles, va accentuer, d'une part, la dépendance vis-à-vis de la métropole, d'autre part, la différence de niveau de vie entre la société du littoral et celle de l'intérieur, société de petite agriculture et d'élevage.

Le premier plan d'action prioritaire d'initiative régionale (Papir) pour l'aménagement des Hauts de la Réunion est mis en place en 1977, à l'initiative des assemblées locales et à la suite de la visite du chef de l'Etat en 1976, qui avait promis des crédits spécifiques pour 1978. Il part d'une situation où les Hauts ne représentent que 19,5 % des revenus de l'agriculture réunionnaise contre 80,5 % pour le littoral (DUPONT, 1990). Le développement de l'élevage bovin ne permet pas de substituer la production locale aux importations malgré les crédits du Fidom (Fonds d'investissement pour les départements d'outre-mer) et du Fed (Fonds européen de développement), qui accélèrent le développement des infrastructures de l'île, rendant les conditions de vie dans les Hauts plus acceptables (électrification généralisée avec le barrage de Takamaka en 1964, installation dans le même temps du téléphone et réception des ondes radio dans toutes les agglomérations), et malgré l'octroi de mer, qui permet de compenser la faiblesse du potentiel fiscal de la Réunion et de financer une partie du développement grâce aux importations, juste retour des choses. L'octroi de mer, voté en 1850 par les communes de l'île excepté Saint-Pierre, devait subvenir à leurs besoins. Dès 1978, son mode de répartition est en faveur des petites communes, notamment dans les Hauts, puisque 10 % de contingent fixe est accordé de façon égale à toutes les communes et 54 % selon la somme totale des dépenses de fonctionnement, mais aussi des dépenses d'investissement. Cela représentait, en 1978 pour les 12 communes d'alors, plus de 60 millions de francs de recettes tous les ans (551 millions en 1984, 800 millions en 1988 et 948 millions en 1994). A ces efforts financiers pour développer l'île — à la fois région et département français, mais aussi zone ultrapériphérique européenne — s'ajoute l'appui considérable de l'Europe et de la métropole qui, en moyenne, ont injecté de 1987 à 1997 plus de 2 milliards de francs par an (INSEE, 1989 ; 1997). Même si seulement 13 % de ces aides vont directement au secteur de l'agriculture et de l'élevage, c'est un effort considérable qui est consenti au développement de ce secteur, dont la part au sein des secteurs marchands ne fait que régresser (LES ECHOS, 1997). La production de l'élevage bovin a doublé en valeur marchande depuis 1981, mais sa part par rapport aux autres produits animaux ne représente toujours que 15 %. Il semble donc que la Réunion ait atteint un seuil en matière de développement de l'élevage bovin. S'il est vrai que les surfaces pour cette acti-

tivité sont limitées, le potentiel de développement n'est pas atteint pour autant, car des voies d'amélioration sont techniquement possibles. Toutefois, face à un environnement insulaire fragile et à l'obligation de se conformer aux directives européennes, le débat sur l'avenir de l'élevage bovin à la Réunion n'est pas uniquement technique.

Le défi du ^{xxi}e siècle pour une île comme la Réunion sera probablement de développer une activité d'élevage fondée sur l'évaluation des capacités d'accueil de ce secteur professionnel en termes de potentiel socio-économique et écologique, mais aussi d'impact à la fois sur la société et sur l'écosystème insulaire. Prendre en compte les activités de loisir (écotourisme), protéger la nature (réglementation européenne sur les effluents et la pollution agricole), gérer l'espace et réaliser un aménagement équilibré du territoire apparaissent comme des objectifs qui doivent désormais compter dans le développement de cet élevage insulaire afin de conjuguer productivité et environnement (MANDRET, 1999).

Le contexte écologique

Vincent Blanfort

Les particularités morphopédologiques de l'île de la Réunion ont largement influencé le développement de l'élevage bovin. Les andosols, qui couvrent près de 80 % du territoire, sont caractéristiques des zones où s'est développé l'élevage bovin. La mise en place d'exploitations d'élevage dans les Hauts apparaît de ce point de vue comme l'une des activités agricoles les mieux adaptées. Les conditions climatiques jouent également un rôle déterminant. Certaines parties de l'île ont des caractéristiques climatiques plutôt tropicales et d'autres, plutôt tempérées. Ces grandes tendances sont fortement nuancées par un gradient altitudinal marqué qui entraîne une baisse de la température et une augmentation de la pluviométrie et de l'humidité en altitude, entre 1 000 et 3 000 mètres. Les pluies abondantes, notamment pendant la période cyclonique, sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. Sur le plan de la gestion des ressources herbagères, ces traits dominants du contexte écologique constituent un paramètre majeur du fonctionnement des systèmes herbagers d'altitude. La production d'herbe est irrégulière en quantité et en qualité au cours de l'année, ce qui crée des situations de déséquilibre entre l'offre fourragère et la demande du troupeau. Mais les rapports qui lient l'élevage à la végétation environnante sont multiples. Comme dans tout milieu insulaire de faible superficie, dont la végétation est extrêmement diversifiée du fait de la sélection naturelle et de l'endémisme, l'introduction d'espèces exotiques représente un danger pour la conservation du patrimoine génétique local. L'élevage a d'ailleurs largement contribué à cette dynamique d'ensemble puisque son développement s'est accompagné de l'introduction d'espèces fourragères.

Les particularités morphopédologiques et leurs conséquences agronomiques

L'origine volcanique de l'île lui confère une géologie originale responsable d'une topographie et d'une pédologie contraignantes pour la mise en valeur du territoire par l'agriculture. A cet égard, les régions d'élevage se situent dans les zones délaissées par les autres activités agricoles du fait des conditions topographiques extrêmes et de l'altitude (voir « Le début d'une organisation de l'élevage : un élevage "administré" » ; figure 1).

La Réunion est constituée de deux volcans boucliers imbriqués. Le piton des Neiges (3 069 mètres) est profondément entaillé dans sa région centrale par trois larges excavations d'effondrement, les cirques. L'érosion y est très active. Ses flancs sont constitués de planèzes inclinées vers l'océan en pentes de 10 à 30 % ; c'est le cas des Hauts de l'Ouest, l'une des quatre zones herbagères principales. Le piton de la Fournaise (2 632 mètres) s'est édifié sur les pentes sud-est du piton des Neiges. Il a aussi l'aspect d'un bouclier aux pentes régulières, inclinées d'une dizaine de degrés vers l'océan. L'effondrement entre les deux massifs forme deux plaines d'altitude, la Plaine des Cafres et la Plaine des Palmistes, qui constituent deux autres zones herbagères importantes. Le dernier secteur consacré à l'élevage, les Hauts de Saint-Joseph, occupe la partie de piedmont au sud du volcan.

Les andosols couvrent près de 80 % de l'ensemble de l'île. Ils concernent les régions d'élevage au-dessus de 1 200 mètres d'altitude. Ce sont des sols pauvres, avec notamment une faible disponibilité en azote, mais assez riches en phosphore total et paradoxalement pauvres en phosphore « assimilable » du fait d'une forte rétention, entre autres, par l'alumine amorphe (TRUONG, 1989). La formation complète des matériaux argileux y est bloquée, conséquence d'une forte humidité, d'une abondante pluviométrie et de faibles températures. Les gels alumino-silicatés forment les produits d'altération (PERRET, 1993). Bien que généralement profonds et non pierreux, les andosols présentent des contraintes très fortes, liées principalement à leurs propriétés physiques, hydriques et mécaniques (PERRET, 1993). Ainsi, l'agencement des éléments constitutifs en microagrégats les fait passer d'un état très hydratable (40 à 200 % de teneur en eau) à un état sec très léger, ce qui les fragilise face à une dessiccation qui peut être irréversible.

L'exploitation agricole des milieux andiques d'altitude est donc une source de perturbation pour les sols, qui peut sérieusement remettre en cause la pérennité des agrosystèmes. En effet, la mise en culture des andosols entraîne une évolution rapide des couches superficielles et augmente leur sensibilité naturelle à l'érosion. Elle comporte divers aspects, dont la diminution de l'épaisseur cultivable et de la fertilité, et présente des menaces pour les infrastructures et pour l'environnement : entre 1985 et 1988, 20 à 500 tonnes par hectare ont été perdues du fait de pratiques culturales non adaptées et 35 cen-

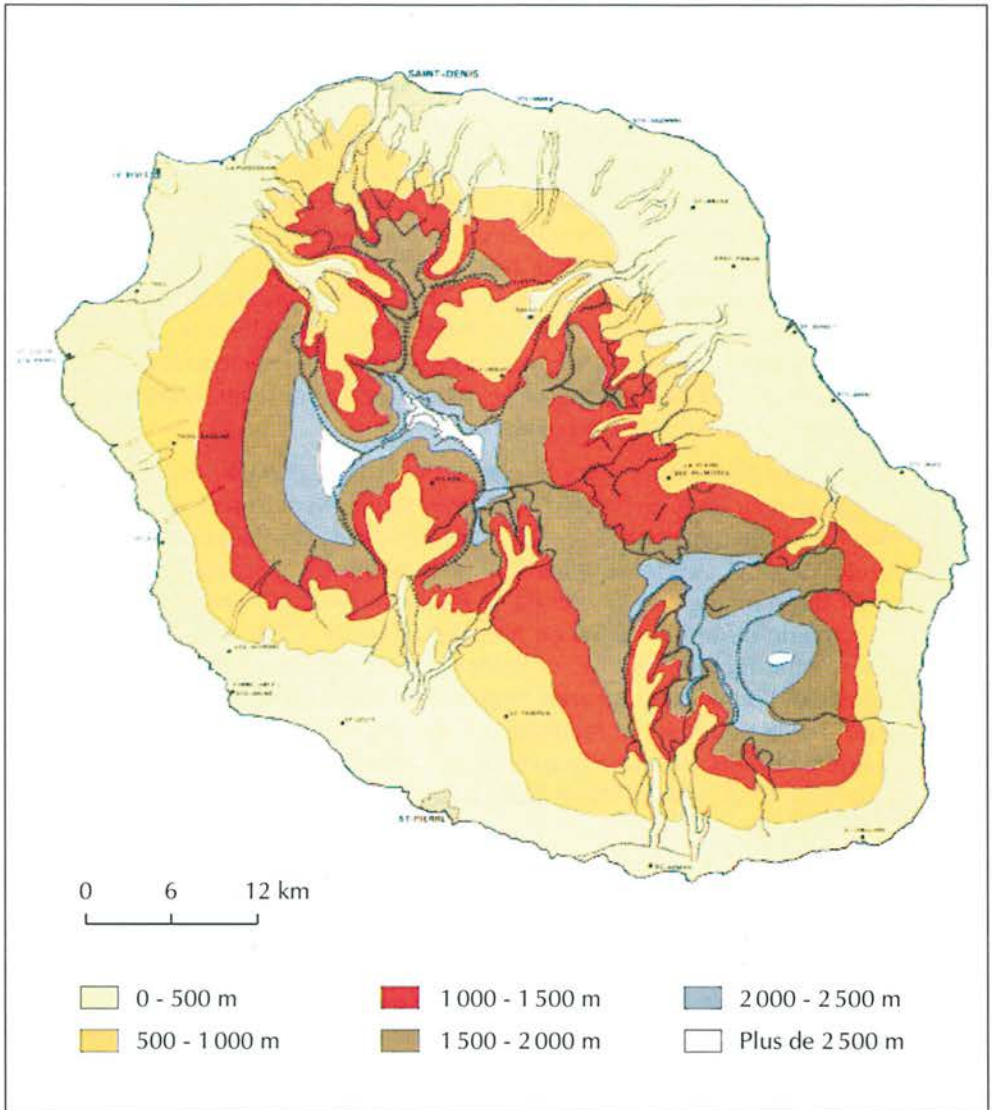


Figure 1. Carte hypsométrique de la Réunion, d'après RAUNET (1991).

timètres de terre ont été décapés en zone maraîchère sud lors du cyclone Firinga de 1989 (PERRET, 1993). A cet égard, la mise en place d'exploitations d'élevage apparaît comme l'une des activités agricoles les mieux adaptées. En effet, les couverts herbacés pluriannuels ou pérennes sont remarquablement antiérosifs. La topographie des parcelles constitue cependant une entrave majeure à la mécanisation pour l'installation des prairies, leur entretien et leur exploitation par la fauche.

Les particularités climatiques et leurs conséquences en élevage

La Réunion doit son climat tropical humide contrasté à sa situation océanique, à sa latitude australe élevée, à la compacité de son orographie et à son altitude élevée. L'hiver austral frais communément appelé saison fraîche, de mai à septembre, est caractérisé par la présence de l'anticyclone de l'océan Indien, qui engendre un régime d'alizés frais avec des vents d'est dominants. Pendant l'été austral, de décembre à avril, la saison des pluies s'installe quand les basses pressions équatoriales à air chaud et humide se rapprochent de la Réunion et perturbent le flux d'alizés, en apportant d'intenses précipitations (extrêmes annuels de 10 000 millimètres sur les reliefs est) et des vents violents. Ces perturbations peuvent évoluer en cyclones.

Il existe une dissymétrie entre la côte au vent (est), exposée aux alizés et très humide tout au long de l'année, et la côte sous le vent (ouest), protégée par le relief élevé et qui connaît chaque année une saison sèche marquée. Ces grandes tendances sont fortement nuancées par un gradient altitudinal prononcé qui entraîne une baisse de la température et une augmentation de la pluviométrie et de l'humidité en altitude (figure 2). C'est l'une des caractéristiques remarquables de l'île, certaines parties ont un climat plutôt tropical, d'autres, plutôt tempéré. La zone tropicale se limite au littoral avec une température moyenne annuelle relativement élevée, de 23 à 26 °C. La zone tempérée est de plus en plus marquée avec l'altitude, la température moyenne y est de 12 à 17 °C entre 1 000 à 2 000 mètres. C'est dans cette zone que se pratique l'élevage.

Les pluies abondantes sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. La côte au vent humide, notamment la Plaine des Palmistes, bénéficie de précipitations toute l'année avec des chiffres records en saison des pluies et une moyenne annuelle de 4 000 à 6 000 millimètres. La Plaine des Cafres, à la limite de la façade au vent, est caractérisée par une saison très pluvieuse, avec une moyenne annuelle de 2 000 à 4 000 millimètres, au cours de laquelle la pluviosité est régulière en altitude et rarement inférieure à 200 millimètres par mois. La saison fraîche est moins pluvieuse mais la pluviosité n'y est jamais inférieure à 50 millimètres par mois. La façade sous le vent a des minimums de 500 millimètres sur la côte, mais pour les zones d'altitude qui intéressent l'élevage (Hauts de l'Ouest) la moyenne annuelle atteint 2 000 millimètres. Les zones littorales ouest de l'île enregistrent jusqu'à 8 mois secs, qui se réduisent pour les zones d'altitude à 2 ou 3 mois, de juillet à octobre (RAUNET, 1991).

Sur le plan de la gestion des ressources herbagères, ces traits dominants du climat constituent un paramètre majeur du fonctionnement des systèmes herbagers d'altitude. Ils entraînent, en particulier, des différences saisonnières marquées dans la vitesse de croissance des herbages. A la chaleur et aux fortes précipitations de l'été s'opposent le net refroidissement et la diminution des

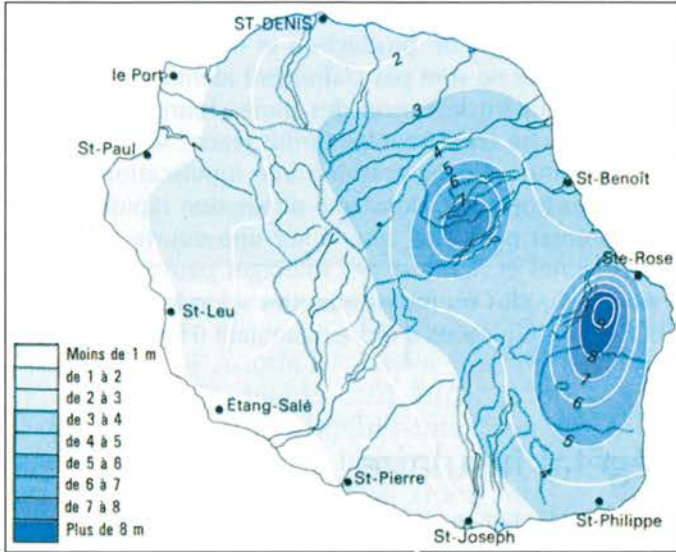


Figure 2a.
Isohyètes moyennes
annuelles
de la Réunion
pour la période
1951-1980, d'après
BERTILE (1987).

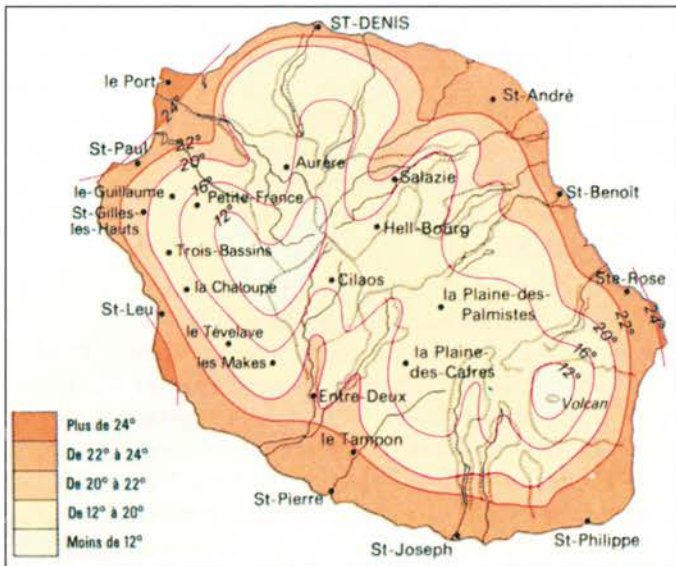


Figure 2b.
Isothermes
moyennes annuelles
de la Réunion
pour la période
1951-1980, d'après
BERTILE (1987).

précipitations, voire leur arrêt, de la saison fraîche, qui provoquent une réduction de la croissance végétative et une baisse d'efficacité des engrais. Cette production d'herbe irrégulière en quantité et en qualité au cours de l'année entraîne des situations de déséquilibre entre l'offre fourragère et la demande du troupeau. Ce schéma synthétique doit cependant être nuancé par la diversité des situations climatiques et par les caractéristiques des exploitations.

D'un point de vue zootechnique, les variations climatiques se traduisent par des variations dans les performances de production et de reproduction des troupeaux, dont les causes exactes ne sont pas clairement identifiées. La croissance rapide des fourrages pendant la saison des pluies fournit une herbe jeune (digestibilité élevée) et riche en éléments nutritifs (azote soluble, minéraux). A l'inverse, la température élevée entraîne une lignification rapide, notamment pour les fourrages tropicaux, donc une diminution rapide de leur valeur nutritive. Ainsi, l'animal peut être amené sur une courte période à consommer des fourrages jeunes et riches et des fourrages pauvres. En hiver, les déficits fourragers éventuels, plus ou moins marqués selon les zones et les systèmes d'élevage, ont des conséquences d'ordre quantitatif (HASSOUN, 1997).

Le contexte végétal insulaire

L'origine et l'évolution de la végétation

Les études phytosociologiques de la végétation naturelle aboutissent à une classification des principales formations phytogéographiques (RIVALS, 1952 ; CADET, 1980). L'étude de Cadet décrit, entre autres, les formations mésotherme et oligotherme sur lesquelles se sont développés les couverts prairiaux actuels. En terme de dynamique floristique, cela permet de connaître la composition des groupements originels sur lesquels se sont réalisés les défrichements pour la création de parcours ou de prairies subsponanéées, avec des espèces dominantes introduites comme *Anthoxantum odoratum*, la flouve odorante, et *Holcus lanatus*, la houlque laineuse, que les éleveurs ont peu à peu transformées, en partie, en prairies cultivées.

Les rapports qu'entretiennent l'élevage et la végétation environnante sont multiples. Le défrichement, l'installation des prairies implantées et leur entretien (fertilisation) constituent les étapes les plus déterminantes de cette relation. C'est le point de départ de divers phénomènes, comme la modification du substrat et l'envahissement, qui vont, à des degrés divers, influencer la végétation voisine, dont la valeur biologique peut être importante. Cette végétation, contiguë ou plus ou moins proche, qui renferme des espèces susceptibles d'envahir les prairies, peut être à son tour un facteur potentiel de la dynamique des systèmes prairiaux. D'autres aspects comme le rejet des effluents en élevage laitier sont également capables d'influencer plus ou moins directement la végétation environnante.

Les îles de l'archipel des Mascareignes — Réunion, Maurice, Rodrigue, Seychelles — sont strictement d'origine océanique et n'ont jamais été reliées à des aires continentales (CADET, 1980). La végétation de ces îles est donc entièrement d'origine exogène, apportée par les courants marins, les vents et les oiseaux : 70 % des genres proviennent de Madagascar et d'Afrique, 8 % sont d'origine orientale, 12 % sont cosmopolites. Certaines de ces espèces ont évolué en vase clos pour donner des espèces endémiques alors que d'autres sont restées iden-

tiques aux espèces colonisatrices. Le taux d'endémisme important et l'existence de forêts primaires très originales (forêt de bois de couleur, forêts hygrophiles à palmistes et fougères arborescentes, tamarinaies des Hauts) confèrent à la végétation naturelle de l'île un intérêt mondial non négligeable. Pour les seules plantes à fleurs, 10 % des genres et 30 % des espèces, soit 160 espèces, sont endémiques de la Réunion (CADET, 1980). L'influence des activités humaines sur la végétation naturelle de l'île est récente à l'échelle biogéographique, mais extrêmement perturbante depuis que la population de l'île a augmenté. Elle s'est traduite par des destructions physiques directes, par l'introduction d'espèces exogènes et par la modification des écosystèmes. La mise en place d'une économie fondée sur l'agriculture a exigé l'extension des terres cultivables et fait reculer la forêt qui recouvrait sans doute l'ensemble de l'île à l'origine (voir « Le début d'une organisation de l'élevage : un élevage "administré" » ; THOMAS, 1994).

L'introduction d'espèces se poursuit encore aujourd'hui pour l'agriculture, mais elle est mieux contrôlée. L'élevage a d'ailleurs fortement contribué à cette dynamique d'ensemble en important des espèces fourragères. Comme dans tout milieu insulaire de faible superficie, dont la végétation est très diversifiée du fait de la sélection naturelle et de l'endémisme important, l'introduction d'espèces exotiques représente un danger pour la conservation du patrimoine génétique. Les pestes végétales sont ainsi devenues un problème préoccupant à la Réunion, même si certaines d'entre elles ont une utilité.

L'étagement de la végétation naturelle, secondaire et cultivée

Les zones cultivées se sont donc peu à peu immiscées dans cet étagement altitudinal (figure 3). Dans l'ouest, en dessous de 350 mètres, s'est développée une savane secondaire littorale. Entre 0 et 500 mètres, dans le nord, l'est et le sud, et entre 300 et 800 mètres, dans l'ouest, on trouve presque exclusivement la canne à sucre, seules les zones à fortes contraintes sont occupées par une végétation secondaire. Le système à base de géranium, de 800 à 1 500 mètres, et les cultures maraîchères se superposent géographiquement à la couverture de sols andiques d'altitude à fortes contraintes. Les anciennes jachères du système de culture géranium-jachère à *Acacia mearnsii* ont contribué à la secondarisation de la végétation et à l'extension de friches à *Acacia*. De 1 000 à 1 200 mètres d'altitude, les terres sont consacrées principalement aux prairies.

Conclusion

Les contraintes écologiques des zones d'altitude de l'île de la Réunion constituent l'un des critères majeurs de l'essor de l'élevage dans ces zones, de préférence à d'autres activités agricoles. Face à ce choix raisonné d'aménagement

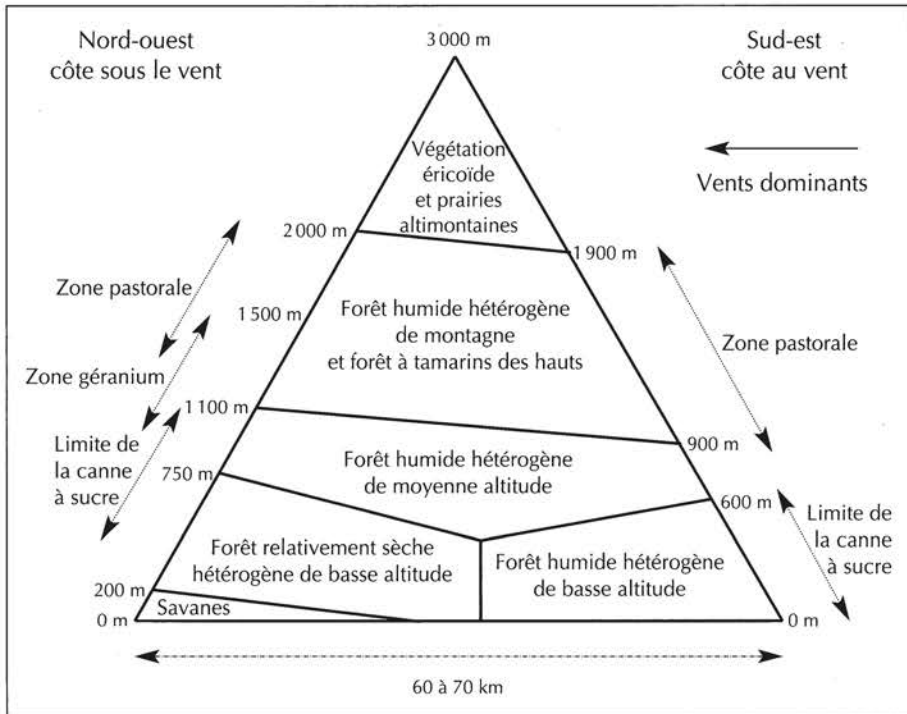


Figure 3. Zonation altitudinale de la végétation à la Réunion, d'après RIVALS (1952), CADET (1980) et THOMAS (1994).

et de développement, l'intensification entreprise doit rester cohérente avec une certaine robustesse des systèmes d'élevage. L'intensification doit aussi être raisonnée par rapport à la fragilité de ces milieux, à leur valeur et à leurs fortes contraintes, qui constituent autant de raisons de ne pas envisager le développement de l'élevage bovin uniquement en terme de performance économique. Le plan d'aménagement des Hauts, qui est à l'origine du développement de l'élevage bovin, a été conçu dans l'optique d'un aménagement de l'espace mais comportait aussi des objectifs sociaux et économiques (voir « Le modèle métropolitain » et « Le choix d'un élevage bovin dans les Hauts »). L'intensification doit donc compenser les rigueurs du milieu par une adéquation des systèmes de production aux particularités locales pour une rentabilité durable. Dans certaines zones, l'intensification des surfaces herbagères permet aussi de compenser le manque d'espace.

Le contexte socio-économique

Thierry Devimeux, Alex Michon, Yves Evenat,
Jean-Louis Caminade, Jean-Guy Augé

Le développement socio-économique des Hauts de la Réunion joue un rôle capital dans l'équilibre de l'aménagement du territoire. Les concepteurs du plan d'aménagement des Hauts, qui appuie largement l'élevage, en étaient bien conscients. Le développement de l'élevage bovin a privilégié les systèmes herbagers pour l'alimentation des animaux. Les Associations foncières pastorales ont encadré l'aménagement pastoral tandis que les organisations socioprofessionnelles ont su organiser du point de vue technique et économique cet élevage. Soutenus par la recherche, ces organismes d'encadrement ont assuré le développement rapide des filières bovines. La Région a particulièrement suivi ce développement. La Sicalait, qui rassemble la plupart des producteurs de lait, a eu pour mission de collecter et de commercialiser la production. Elle a un rôle de représentation et de défense des intérêts de la profession, mais aussi de proposition et d'orientation en matière de mesures visant à développer la production en collaboration avec les partenaires de l'agriculture et les décideurs politiques. La Sicarevia, qui regroupe les principaux producteurs de viande, a pour objectif d'assurer l'approvisionnement de l'île en viande bovine. Elle a organisé la filière avec le naissage dans les Hauts et l'engraissement dans les Bas.

Le choix d'un élevage bovin dans les Hauts

Les Hauts de la Réunion ne participent que depuis peu à l'histoire de l'île. Cette zone déserte, inhospitalière, s'est peu à peu ouverte à la colonisation

humaine (voir le chapitre « Les grandes mutations de la société réunionnaise »). Sa conquête, réalisée dans un premier temps par l'esclave marron venu se réfugier dans les Hauts, est devenue volontaire lorsque, au début du siècle, un plan de peuplement des Hauts est lancé avec pour double objectif de développer les productions vivrières, que la monoculture de la canne à sucre avait progressivement chassées du littoral, et de réduire la pression démographique sur la zone côtière, que l'immigration dirigée d'ouvriers agricoles des Indes aggravait. A force de courage, de patience, de ténacité, ces colons ont défriché et mis en culture les terres. Ils ont fait vivre les Hauts.

Après la Seconde Guerre mondiale, la départementalisation bouleverse profondément l'économie et la société rurale des zones côtières. Mais cette évolution ne touche presque pas les Hauts. Là, les populations défavorisées, de plus en plus marginalisées, n'ont pour seule issue que l'exode vers la côte, tentation d'autant plus grande que le géranium, alors principale production, est en pleine crise. Mais sur le littoral, l'accueil est trompeur. L'essor rapide du secteur tertiaire ne suffit pas à fournir du travail à tout le monde. L'exode accentue le chômage avec son cortège de problèmes et de tensions sociales. Dans les Hauts, l'exode accélère encore le retour à la friche de nombreuses terres agricoles.

Dans les années 70, devant une telle situation, la nécessité d'un rééquilibrage spatial, démographique et économique entre les Hauts et les Bas devient de plus en plus forte. Dès 1974, un programme d'extension de l'élevage bovin est mis en place. L'objectif est de produire dans un délai de dix ans 3 500 tonnes de viande (contre 600 tonnes en 1974), en exploitant les zones de montagne et en valorisant au mieux les sous-produits de la canne comme la mélasse, qui seront les supports de la ration d'engraissement. L'opération prévoit d'importer des taurillons d'Afrique du Sud, afin de constituer des unités d'engraissement principalement dans les Bas, et des génisses destinées à être placées sur les futurs pâturages d'altitude, afin d'organiser des unités de naisseurs ou de naisseurs-engraisseurs.

Un programme général d'aménagement des Hauts est élaboré à partir d'une collaboration entre les services de l'Etat, les organismes socioprofessionnels, les habitants et les élus. Ce programme, présenté en 1976, doit permettre de « participer de manière déterminante au sauvetage de la société réunionnaise » (CONSEIL REGIONAL DE LA REUNION, 1976). Après 1976, les Hauts sont classés en zone spéciale d'action rurale. Un Commissariat à la rénovation rurale est nommé — il prendra par la suite le nom de Commissariat à l'aménagement des Hauts. A partir de l'analyse du potentiel physique et humain des Hauts, ainsi que des débouchés potentiels, le plan propose des axes de développement ainsi que des moyens à mettre en œuvre. Il s'agit en effet d'imaginer un développement sur le long terme s'appuyant sur les atouts de ce territoire : atouts géographiques, climatiques, mais aussi humains. Présenté comme un programme global et non comme un simple plan de récupération des terres en friche, même si l'agriculture en constitue le fer de lance, le plan d'aménagement des Hauts repose sur trois principes essentiels : engager un développement écono-

mique fondé sur les productions agricoles et forestières, avec des activités complémentaires dans les domaines du tourisme, de l'artisanat, du petit commerce de proximité et des services ; améliorer les conditions de vie dans les Hauts ; assurer la promotion socioculturelle des populations des Hauts.

Le schéma de développement agricole précise les orientations prioritaires :

- intensifier la culture du géranium et diversifier la production en développant les cultures vivrières et l'arboriculture ;
- développer l'élevage bovin semi-intensif ou extensif au-dessus de 1 000 mètres ;
- poursuivre les reboisements et la régénération d'essences naturelles tropicales en étendant la vocation forestière aux zones de forte pente peu propices à la mise en valeur agricole.

Le choix de la filière bovine comme axe stratégique de développement pour les Hauts est conforté par une analyse préalable, qui met en avant les contraintes et les atouts de la montagne réunionnaise. Tout d'abord, la présence de fortes pentes ne permet pas de développer une activité agricole dans toutes les zones. Au-delà d'une certaine altitude, variable selon les zones, les sols présentent des caractéristiques très défavorables, qui les rendent impropres



Le développement de l'élevage doit faire face à un relief difficile (photos V. Blanfort).



à la culture. Enfin, le déficit hydrique constaté dans la plus grande partie de la zone d'altitude sous le vent ne permet pas d'envisager une diversification agricole. Tout au plus, l'élevage et surtout les forêts de production peuvent être envisagés. Il faut toutefois pallier la rareté des points d'eau permanents en installant des retenues collinaires, programme dans lequel s'investit lourdement le Conseil régional depuis de nombreuses années.

Ces contraintes physiques et climatiques, auxquelles se sont ajoutés des problèmes d'enclavement dans certains secteurs, constituent des handicaps importants. En schématisant, le plan distingue trois zones : la première située à une altitude inférieure à 1 000 mètres permet de créer des petites exploitations viables sur 5 hectares ; la deuxième, entre 1 000 et 1 500 mètres dans la zone sous le vent, correspond à une zone à vocation d'élevage bovin semi-intensif ; la troisième ne permet que l'élevage semi-extensif des bovins (Plaine des Cafres, altitude supérieure à 1 500 mètres). Or c'est dans cette troisième zone qu'il existe un potentiel important de terres à mettre en valeur. Dans son rapport d'octobre 1976, le Conseil régional, dans le cadre du plan d'aménagement des Hauts, préconise de mettre en valeur 7 000 hectares de terrains domaniaux à vocation pastorale. L'élevage bovin ne viendra donc pas concurrencer l'agriculture traditionnelle, mais permettra de valoriser des espaces à l'époque sous-exploités.

L'aménagement pastoral

Le développement de l'élevage bovin dans les Hauts de la Réunion s'appuie donc sur des systèmes herbagers avec comme support les Associations foncières pastorales. Prévues par la loi 72.12 du 13 janvier 1972, ces associations regroupent les propriétaires de terrains à vocation pastorale ou forestière désireux de contribuer à la protection du milieu naturel et des sols ainsi qu'à la sauvegarde de la vie sociale. Elles visent à assurer la mise en valeur pastorale et accessoirement forestière des fonds, à aménager, entretenir et gérer les ouvrages collectifs. A la Réunion, ces associations sont de type libre et rassemblent des propriétaires fonciers des Hauts, mais aussi des titulaires de baux à ferme ayant l'intention de réaliser des améliorations dans un cadre associatif. La période 1975-1980 voit la création de neuf associations réparties sur le pourtour de l'île et couvrant l'essentiel des terres à vocation pastorale. Inscrit dans la logique de la révolution verte, thème retenu par la profession, un dispositif d'aides incitatives est mis en place dès 1976 pour financer les travaux de création de prairies et de parcours ; 2 000 hectares sont ainsi aménagés entre 1975 et 1980. Durant cette période l'encadrement technique est fourni par le Suad et les actions de recherche-développement sur les productions fourragères ne sont encore qu'embryonnaires ; l'Irat ne pratique que des essais fourragers en station de recherche.

Depuis 1975, date de la création de la première association, les Afp ont connu différentes phases qui traduisent une volonté de changement et d'adaptation au contexte de l'élevage bovin. Situées dans un environnement dynamique (Société d'intérêt collectif agricole, Ede, Suad, interprofession...), ces associations deviennent pour les éleveurs et les pouvoirs publics — Région, Direction de l'agriculture et de la forêt — des outils de mise en valeur et de gestion des terres agricoles des Hauts à vocation pastorale.

En 1978, l'Union des Afp est créée et deux techniciens sont recrutés afin d'encadrer sur le plan technique et administratif les associations. La structure devient indépendante mais reste sous le contrôle de l'administration, qui freine le développement des parcs de matériels. En effet, la mécanisation collective s'avère difficile à gérer dans la durée, les éleveurs ne se sentant pas responsables des matériels. La période 1980-1985 correspond alors à une phase d'essoufflement des créations de prairies. Cependant, l'autonomie de la structure va permettre de hiérarchiser les priorités en mettant à profit l'encadrement pour faire passer des messages techniques. Trois thèmes sont alors retenus : qualité des défrichements mécaniques, préparation des lits de semences et lutte contre les adventices. Le Ceemat, Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole tropical, actuellement intégré au Cirad, participe à ces actions en intervenant pour les défrichements et l'installation des surfaces fourragères. C'est le début d'un partenariat entre les Afp et le Cirad.

A partir de 1986, la Région va particulièrement suivre le développement de l'élevage, ce qui se traduit par des crédits accrus pour les Afp. Confiante dans cette structure, l'administration adhère à la politique voulue par la Région et relayée par les Afp. Des aides appropriées sont mises en place pour la création des prairies, mais aussi pour les équipements d'élevage. Les années de sécheresse sévère subies de 1986 à 1989 mettent en évidence le problème du déficit fourrager hivernal. Ce thème devient alors la priorité absolue. On s'oriente résolument vers le report fourrager sous forme d'ensilage d'herbe. Très peu de références locales sont disponibles alors sur ces techniques, et les résultats enregistrés par la Cuma (Coopérative d'utilisation du matériel en commun) des Plaines depuis 1983, bien qu'encourageants, sont très aléatoires du point de vue de la conservation du fourrage et de l'adaptation des machines de récolte. C'est à cette époque que se constitue une équipe pluridisciplinaire de recherche en élevage au Cirad qui appuiera l'action de l'Union des Afp sur le déficit fourrager hivernal.

L'Union des Afp gère plusieurs expérimentations chez les éleveurs : mécanisation de montagne, ensilage en balles enrubannées, renouvellement des prairies par semis direct, ensilage coupe fine et gestion raisonnée des prairies. La Région, qui croit au travail entrepris, assure un soutien sans faille. En 1997, le budget d'investissement des Afp représente 7 millions de francs, dont 60 % en provenance du Feoga (Fonds européen d'orientation et de garantie agricole) et 40 % de la Région, tandis que l'Union des Afp bénéficie d'un budget de fonctionnement d'un peu plus de 1,8 million de francs, dont 56 % proviennent de

la Région, 22 % de l'Etat et 22 % des membres. Par la suite, l'institution évolue et on assiste à un changement au sein des Afp avec la constitution de groupements d'utilisateurs de matériels. Ces groupements, qui opèrent à une échelle locale, peuvent constituer la base d'émergence de formes plus organisées et indépendantes. Des conventions sont également passées avec des entrepreneurs de travaux agricoles. Cette souplesse dans l'organisation du travail permet d'intervenir chez le plus grand nombre d'éleveurs : à la fin de 1997, plus de 150 éleveurs se retrouvent partie prenante dans 33 groupements de matériels.

Le solide partenariat qui lie les Afp au Cirad permet de trouver des solutions au déficit fourrager. Dès lors, la répartition des tâches s'effectue en concertation et selon le partage des compétences : appui technique aux éleveurs pour l'Union des Afp, actions de recherche pour le Cirad. Les références acquises sont directement transférées et l'innovation rapidement adoptée par les éleveurs. Grâce à ces actions, l'Union des Afp, après avoir œuvré pour la création et l'entretien des prairies, devient incontournable dans le domaine de la gestion des fourrages, à la grande satisfaction des éleveurs : les innovations techniques proposées les font progresser et répondent à leurs besoins. Sur les 12 500 hectares de surface toujours en herbe recensés à la Réunion, qui représentent 21 % de la surface agricole utile, 8 457 hectares, soit près de 68 %, ont été aménagés par les Afp pour 479 adhérents (AGRESTE, 1993 ; UNION DES AFP, 1997). En 1997, les balles enrubannées et l'ensilage coupe fine sur les grandes exploitations représentent un volume de 18 000 balles rondes et 700 hectares récoltés. L'ensilage en balles enrubannées se traduit par une augmentation du chargement animal sur les exploitations. Il a aussi un rôle formateur pour les éleveurs : maîtrise des stades de récolte par parcelle, sélection des balles selon leur stade de récolte et leur conservation pour différents types d'animaux. Par ailleurs, les besoins des éleveurs sont mieux pris en compte au sein des groupements, qui disposent d'un technicien de l'Union des Afp spécialisé en machinisme agricole et proposent des techniques et une organisation du travail adaptées aux exploitations, notamment les plus modestes. Cela se traduit par un parc de matériels bien suivi, en constante progression, tant en quantité qu'en capacité. La mécanisation collective devient une réalité.

Entre 1995 et 1999, toujours en partenariat avec le Cirad sur le thème de la gestion raisonnée de la prairie, des outils de diagnostics issus de la recherche — niveau de nutrition minérale, gestion du pâturage tournant, dynamique de la flore — sont mis en œuvre par un technicien pastoraliste de l'Union des Afp chez une cinquantaine d'éleveurs. L'expérimentation et la diffusion de cultivars de maïs adaptés à l'ensilage se développent sous la forme d'une recherche participative dans laquelle l'Union des Afp joue un rôle déterminant. De plus, on assiste à une mobilisation de ressources fourragères dans la zone cannière, source importante de biomasse, qui va permettre d'accroître les productions animales dans le respect des objectifs fixés par les filières.

Ainsi, les groupements de producteurs — Sicalait et Sicarevia —, en partenariat avec l'Union des Afp, organisent un transfert de paille de canne à sucre de la zone littorale vers les élevages des Hauts. Ce transfert représente, en 1997, plus de 1 1000 balles rondes, soit environ 2 500 tonnes mises à la disposition des éleveurs, en particulier des éleveurs laitiers.

Ces vingt-cinq dernières années ont donc conforté le choix de l'élevage bovin dans les Hauts de la Réunion. D'un système semi-extensif fondé sur l'exploitation des ressources pastorales des Hauts, l'élevage a donc évolué vers une intensification sous l'impulsion des organismes professionnels et des pouvoirs publics.

Une organisation en filières de production

Lorsque le plan d'aménagement des Hauts est mis en place, l'île commence à s'organiser en filières de production. La filière laitière est jeune puisque la Sicalait est constituée le 27 février 1962 sur l'initiative de huit éleveurs de la Plaine des Cafres, aidés par la Satec, Société d'aide technique. La Sicalait a pour mission de collecter, de transformer et de commercialiser la production. Structure unique regroupant l'essentiel des producteurs de lait, elle va avoir un rôle de représentation et de défense des intérêts de la profession, mais aussi de proposition et d'orientation en matière de mesures visant à développer la production en collaboration étroite avec les partenaires de l'agriculture et les décideurs politiques. Toutefois, en 1972, les activités de transformation sont reprises en totalité par la Cilam à la suite du rapprochement entre ces deux organismes (voir le chapitre « Les grandes mutations de la société réunionnaise »).

Pour la production de viande bovine, les bases actuelles de l'élevage sont mises en place dans les années 70 : naissance dans les Hauts et engraissement dans les Bas. Les principaux objectifs de la filière sont d'assurer l'approvisionnement de l'île en viande bovine, alors que le cheptel diminue et que planent des incertitudes sur l'importation d'animaux d'origine malgache. La filière constitue également une solution de remplacement face aux problèmes que rencontrent la production de géranium dans les Hauts et la culture de la canne à sucre dans les zones d'altitude intermédiaire. Toutefois, le cheptel reproducteur en race à viande est quasi inexistant, il est surtout constitué de zébus locaux, les Moka. Aussi, la Sicaprovire, par l'intermédiaire de sa filiale, la Sedael, lance un programme génétique afin d'importer et d'élever de nouvelles souches. Dans le même temps, l'engraissement se structure autour de la Bovire, filiale du groupe sucrier Bourbon, qui possède un atelier industriel d'engraissement d'animaux importés. Cela permet de réguler l'offre vers les abattoirs de Saint-Denis et de Saint-Pierre, donc d'accompagner harmonieusement le développement de la production locale.

Il faut cependant attendre le début des années 80 pour voir la production évoluer sensiblement, grâce en particulier à l'engagement des techniciens de l'Ede, au renforcement de l'encadrement au sein de la Sicalait et à la création de la Sicarevia. En effet, l'accompagnement des producteurs est essentiel pour développer et mettre en place des techniques plus productives (tableaux 1 et 2).

La Bovire arrêtera sa production en 1994, date à laquelle l'importation d'animaux de Madagascar est interdite à la suite d'une épidémie de dermatose nodulaire contagieuse. La production chute en 1995. La crise de la vache folle et l'effet de la promotion du bœuf de pays donne un nouvel élan à la Sicarevia, qui représente, en 1998, 79 % de la production locale.

Tableau 1. Evolution de la production laitière à la Réunion, en litres (source Sicalait).

	1980	1984	1988	1992	1997
Objectif		3 000 000	6 000 000	8 300 000	11 200 000
Collecte	1 820 000	2 928 000	5 278 000	7 171 000	13 983 000
Nombre de livreurs	236	262	247	166	150
Production par élevage	7 700	11 200	21 368	43 200	93 200

Tableau 2. Evolution de la production de viande à la Réunion, en tonne-équivalent carcasse (source Sicarevia).

	1980	1985	1990	1995	1998
Production locale	1 012	1 237	1 296	1 181	1 265
Production Sicarevia	326	850	866	795	1 014
Nombre d'éleveurs	–	108	139	176	234
• naisseurs	–	56	67	91	104
• engraisseurs	–	52	72	85	130

La filière du lait

Pour la filière du lait, la création en 1982 de l'atelier de génisses est un levier fondamental qui va permettre de conserver les génisses locales, de créer des élevages nouveaux, d'augmenter les cheptels et d'améliorer le revenu des exploitations. Cet atelier servira aussi de support pédagogique et de laboratoire de recherche. En 1983, le Fodelait, Fonds de développement laitier, est instauré. Il fonctionne sur le principe d'un prélèvement sur les importations de produits laitiers. Ce fonds sert à soutenir le prix du lait produit localement, à couvrir le surcoût de collecte et à subventionner chaque génisse produite afin de maintenir un prix d'achat acceptable pour l'éleveur ; il contribue aux investissements en tanks à lait et au financement des actions sur la qualité du lait.

A partir de 1984, les plans de développement laitier se mettent en place. Gérés par le Fodelait avec le concours financier de la Région, ils apportent une aide aux éleveurs pour l'investissement, sous la forme d'une prise en charge de 80 % des frais financiers inhérents aux emprunts contractés pour la production laitière. Ces plans, dont la durée initiale de cinq ans est portée à huit ans, sont assortis d'objectifs annuels, qui, s'ils ne sont pas respectés, peuvent entraîner la suspension de la prise en charge ou l'annulation du plan. La même année se met en place une production industrielle d'aliments du bétail, avec l'Urcoopa, Union réunionnaise des coopératives agricoles.

La technicité des élevages sera renforcée jusqu'à la fin des années 80 par d'importants investissements en matière de tanks à lait et de camions de collecte, ainsi que par des actions de vulgarisation en vue de faire progresser la qualité du lait. De même, une grande part des équipements en infrastructures sera achevée : voirie, électricité, téléphone, eau ou retenues collinaires desservent alors la plupart des exploitations laitières.

En 1990, l'arrivée d'un deuxième transformateur sur l'île, la Sorelait, Société réunionnaise laitière, met la Cilam, jusqu'alors unique industriel laitier, en situation de concurrence locale directe. Les péréquations du Fodelait sont remises en cause. Mais le prix du lait local ne devant pas pénaliser l'industriel qui en utiliserait davantage, un accord avec les deux industriels est conclu en juillet 1991.

Le marché du lait à la Réunion offre de réelles perspectives de croissance du fait d'une démographie en constante augmentation et de l'évolution des habitudes alimentaires et du mode de distribution. La concurrence locale dans le domaine de la transformation stimule les actions de communication. La compétition au sein de la grande distribution en phase de concentration, qui monopolise le marché grand public, a un effet moteur, qui se traduit par une augmentation sensible des volumes transformés sur l'île. L'augmentation de la production locale de lait frais, qui a atteint 7 millions de litres entre 1992 et 1995, est intégralement absorbée.

La situation excentrée de la Réunion, à l'inverse des nombreux inconvénients qu'elle engendre, confère une relative protection aux produits laitiers frais produits localement par rapport aux produits importés qui doivent supporter les coûts du fret aérien. Mais l'évolution des techniques de fabrication et de transport pourraient remettre en cause cet avantage et placer une partie du marché en situation de concurrence avec des produits voyageant à faible coût en fret maritime. C'est le cas pour tous les produits laitiers de longue conservation et de consommation courante tels que le lait liquide et en poudre, la majorité des fromages et le beurre.

Avec une production laitière qui est passée de 7 millions de litres en 1992 à 14 millions en 1997, le programme sectoriel laitier de 1993-1997 est incontestablement un succès. C'est bien un plan de relance. Fort de ce bilan,

résultat de la mise en œuvre scrupuleuse des plans d'actions opérationnels définis dans le cadre directeur du programme sectoriel, la filière s'est fixé de nouveaux objectifs pour 1998-2002 : une production de 22,5 millions de litres à l'horizon 2002, soit une augmentation de 8,5 millions de litres au rythme moyen de 10 % par an. Le nouveau plan, qui s'inscrit dans la continuité de la politique engagée et récemment confirmée par le projet d'orientation agricole, repose sur des intentions claires :

- améliorer la production laitière locale en augmentant les volumes produits, en gagnant en compétitivité et en misant sur la qualité ;
- consolider les exploitations existantes sur un modèle d'exploitation familiale performante, qui permette un partage de la croissance ;
- accueillir le maximum de jeunes producteurs, mieux formés, mieux encadrés et porteurs de projets viables dans les zones naturelles de production ;
- participer pleinement à l'aménagement du territoire, à l'essor et au rééquilibrage de la vie économique et sociale de l'île ;
- prendre en compte la problématique de l'environnement, qui constituera à terme un enjeu majeur en raison des multiples contraintes liées au foncier et à l'urbanisation des zones rurales.

Ce nouveau plan devra tenir compte des échéances du Poseidom, programme d'option spécifique à l'économie insulaire des départements d'outre-mer. Ce programme a fixé, depuis le 12 novembre 1995, un plafond de production aidée pour l'ensemble des départements d'outre-mer de 19,4 millions de litres à l'échéance de la fin de 1998. La Réunion demande que ce plafond soit porté à 30 millions de litres pour le programme à venir. Le plafond actuel de l'aide du Poseidom va en effet à l'encontre de l'évolution espérée de la production réunionnaise de lait puisque l'objectif pour 2002 de la Sicalait est de 22,5 millions de litres. Même si les autres départements d'outre-mer ont une production nettement inférieure à celle de la Réunion, qui représente pourtant à peine 30 % de la transformation locale actuelle — la consommation en 1997 à la Réunion, hors beurre, s'élevait à 96,3 millions de litre-équivalent lait —, la production réunionnaise de lait dépassera à elle seule le plafond si les prévisions se confirment.

La filière de la viande

Jusqu'au début des années 70, il n'existait pas à la Réunion de consommation traditionnelle de bœuf, hormis le carri, où la viande est découpée en cubes. Il n'existait pas non plus d'école de boucherie. Le marché du bœuf (tableau 3) s'est donc structuré principalement autour de la grande distribution, avec le développement des supérettes, supermarchés et hypermarchés, et des centrales d'achat (trois d'entre elles représentent 85 % du marché). Leur influence sur le marché de la viande est déterminante pour la qualité — embauche de bouchers métropolitains qualifiés et rayons de viande locale — et sur les prix — promotions des viandes réfrigérées sous vide et importées, qui concurrencent la viande locale.

Tableau 3. Evolution de la consommation et de la production de bœuf, en tonne-équivalent carcasse.

	1990	1993	1996	1998
Consommation	5 205	6 130	4 013	4 693
Production locale	1 296	1 234	1 100	1 265
Importation	3 909	4 896	2 913	3 428

En 1998, la production locale est assurée principalement par la Sicarevia, qui rassemble 104 naisseurs dans les Hauts et 130 engraisseurs. Un abattoir bovin est mis en service grâce au soutien financier de la Région ; il est agréé par la Commission européenne pour un plan de 2 500 tonne-équivalent carcasse mais sa capacité est de 6 000 tonne-équivalent carcasse. Élément structurant de la filière, cet abattoir permet de valoriser au mieux la production locale.

Comme pour la filière laitière, le Poseidom a un impact non négligeable sur l'avenir de la filière de la viande. Les cotisations prélevées par l'Aribev lors de l'importation sont devenues illégales. Aux termes de difficiles négociations, Bruxelles a donc accepté de compenser la perte de fonds de l'Aribev, d'où la création d'un article 9 bis qui vient remplacer le Fodebo. L'interprofession, solidement implantée, continue à cotiser volontairement à un niveau plus faible. La filière voit donc ses fonds confortés et peut avancer. Pour le prochain Poseidom, la Sicarevia envisage d'obtenir une reconnaissance officielle de qualité, sous la forme d'une certification de conformité du produit « bœuf de pays », afin de proposer au consommateur une viande qui se démarque nettement de la concurrence importée.

Pour les années 2000, la Sicarevia espère compter 6 000 vaches allaitantes et produire 1 700 tonne-équivalent carcasse de viande. Elle envisage de travailler en partenariat avec la Sicaviande-Pays, l'outil industriel opérationnel du Groupe porc, pour approvisionner les rayons des grandes et moyennes surfaces en viande de bœuf, de veau et de cerf. Sur le plan génétique, le métissage du cheptel local par la race Limousine sera intensifié grâce à une section d'éleveurs importateurs de reproducteurs. L'aide à la trésorerie que constituent les plans de développement de naisseurs mis en place avec la Région faciliteront cette opération. Sur le plan alimentaire, une unité de production de bouchons de bagasse selon le modèle sud-africain sera implantée dans l'île. La bagasse pourra alors être utilisée en tant qu'aliment et venir compléter la ration des animaux.

Le dispositif de recherche

Jean-Marie Paillat, Gilles Mandret

Depuis la création de la Direction des services agricoles de la Réunion la demande de recherche a été constante. Les divers plans de développement de l'élevage, l'organisation naissante des filières et l'émergence des Associations foncières pastorales n'ont fait qu'accentuer cette demande, notamment en matière de production fourragère. C'est tout d'abord l'Irat qui mène des recherches en station en installant de nombreuses collections d'espèces fourragères introduites. A la demande des professionnels et de la Région, en 1985, le Cirad renforce son dispositif pour finalement constituer, dès 1987, une équipe de recherche pluridisciplinaire de terrain, avec et pour les éleveurs. L'originalité de l'équipe réside dans sa constitution pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle et dans son mode de fonctionnement, hors station, avec des actions réalisées principalement chez les éleveurs, en partenariat avec les organismes de développement. Le Cirad-Elevage ainsi créé travaille aussi bien dans le domaine des productions fourragères que dans celui de l'alimentation et de la santé des animaux.

Du service de développement agricole à l'Irat

Depuis sa création en 1919, la Direction des services agricoles assure l'appui aux agriculteurs en matière de conseil agricole grâce à son service de développement agricole. Ce service joue un rôle à la fois dans l'encadrement du développement et dans l'expérimentation. Il conduit des essais d'introduction et

des tests de comportement d'espèces fourragères à la Plaine des Cafres et à la Plaine des Palmistes. De nombreuses espèces tempérées — dactyle, ray-grass, fétuque... — sont introduites, ainsi que le kikuyu.

Vers la fin des années 60, la Chambre d'agriculture assure le développement des filières d'élevage par l'intermédiaire du Suader, tandis que les expérimentations sont confiées à l'Irat. Celles-ci portent sur diverses légumineuses et graminées fourragères, essentiellement tempérées dans les Hauts de l'Ouest (Petite-France, à 1 350 mètres d'altitude), tropicales dans les régions cannières du nord (la Bretagne, Hauts de Menciol) et du sud (Saint-Pierre), tempérées et tropicales dans la zone intermédiaire de l'ouest (Colimaçons, à 800 mètres).

De la recherche en station à la mise au point de techniques culturales chez les éleveurs

Dans les années 70, les divers plans de développement de l'élevage, l'organisation naissante des filières et l'émergence des Associations foncières pastorales précisent la demande de recherche en références locales sur la production fourragère. L'élevage passe alors d'une phase de valorisation de friches, parcours, bords de route et parcelles de culture, à une phase de création de prairies dans l'espace agricole des Hauts. Chez les éleveurs, on transpose trop souvent le modèle métropolitain. Vers la fin des années 70 et au début des années 80, GILIBERT (1981) dans le cadre de l'Ede, étudie les valeurs alimentaires des espèces fourragères utilisées par les éleveurs et leurs variations, notamment en fonction de l'âge. Il propose une table de valeurs nutritives des fourrages de la Réunion, qui sera largement utilisée (GILIBERT, 1983).

Avec l'émergence en 1980 d'un partenariat entre la recherche et le développement, le Ceemat apporte un appui dans le domaine du machinisme agricole, en particulier pour les défrichements et pour l'installation des prairies. Les chauffeurs des organismes d'amélioration foncière comme la Redetar, Régie départementale des travaux agricoles et ruraux, et les Sica, Sociétés d'intérêt collectif agricole, sont formés à cette occasion (DE PARSEVAL, 1983). L'Irat poursuit ses recherches en station tout en maintenant quelques parcelles d'observation et de mesure chez des éleveurs. Les introductions de diverses espèces — légumineuses, crucifères et graminées — et variétés se poursuivent, et des tests de fertilisation et d'amendement sont réalisés. Les animaux sont intégrés aux essais afin de mieux apprécier la pérennité des espèces pâturées. A la demande des agriculteurs de la région de l'est, l'Irat lance également un programme de lutte contre les adventices en zones perhumides en recherchant des espèces fourragères compétitives. Des collections fourragères sont installées sur plusieurs sites de cette région.

En 1985, à la demande des professionnels, le Cirad renforce son dispositif de recherche sur la production fourragère par la présence d'un ingénieur agropastoraliste. Celui-ci réalise alors un bilan des expérimentations menées sur la production fourragère depuis 1963 (BIGOT, 1985) et propose plusieurs thèmes de recherche :

- cannes fourragères et légumineuses arbustives en zone cannière ;
- valeur alimentaire saisonnière du kikuyu ;
- déficit fourrager hivernal ;
- légumineuses ;
- productivité des prairies de haute altitude ;
- modalités d'installation des prairies ;
- entretien et régénération des prairies ;
- espèces ligneuses ;
- fonctionnement des systèmes fourragers.

Le Cirad, en étroite liaison avec l'Union des Afp, choisit d'orienter ses actions vers le déficit fourrager hivernal, les modalités d'installation des prairies et l'entretien et la régénération des prairies (PAILLAT, 1986a).

L'administration, les professionnels et la Région, qui souhaitent renforcer l'effort de recherche en élevage dans le cadre de la décentralisation, sollicitent également l'Inra à cette époque pour cadrer une intervention dans le domaine zootechnique. Bien que la Sedael et l'Ede assurent l'acquisition de références en zootechnie, aucune recherche n'est conduite dans ce domaine. La mission proposée par Jacques Poly et conduite par Robert Jarrige à la fin de 1985 répond à cette demande. Un programme de recherche d'accompagnement est alors proposé pour cinq ans (JARRIGE *et al.*, 1986). Il s'appuie sur les compétences des deux agronomes du Cirad en poste à la Réunion — Alain Bigot, agropastoraliste, et Jean-Marie Paillat, agromachiniste —, d'un zootechnicien de l'Inra, Jean Pelot, d'un zootechnicien de l'Iteb (Institut technique d'élevage bovin, actuel Institut de l'élevage), Philippe Brunschwig, et des techniciens des organisations professionnelles et de l'Ede. Il porte principalement sur cinq thèmes : le milieu naturel, ses potentialités et ses contraintes ; l'adaptation de la production fourragère ; l'utilisation et la complémentation des fourrages ; l'élevage des jeunes animaux ; les problèmes de reproduction, notamment du troupeau laitier.

La constitution d'une équipe de recherche pluridisciplinaire de terrain

Le Cirad-Elevage est ainsi créé avec une équipe pluridisciplinaire de recherche. A ses débuts en 1987, il regroupe les quatre ingénieurs de recherche précédemment cités, deux techniciens supérieurs, Olivia Fontaine et

Charles-Emile Bigot, et un technicien agricole, Expédit Rivière. L'originalité de l'équipe réside dans sa constitution pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle, puisqu'elle associe le Cirad, l'Iteb et l'Inra, et dans son mode de fonctionnement, hors station, avec des actions réalisées exclusivement chez les éleveurs, en partenariat avec les organismes de développement (Afp, Ede, Sica, Direction des services vétérinaires).

Les années de sécheresse sévère de 1986 à 1989 et les problèmes de reproduction identifiés lors d'un bilan réalisé sur plusieurs années font émerger deux préoccupations majeures : comment remédier au déficit fourrager hivernal, et comment améliorer la reproduction des troupeaux ? Les premiers travaux de l'équipe tenteront donc en priorité de résoudre ces problèmes. Les expérimentations des agronomes du Cirad et du zootechnicien de l'Iteb portent sur le premier thème, avec des essais sur des espèces prairiales plus productives en période hivernale, sur l'ensilage d'herbe, sur les plantes énergétiques et sur la production de foin. Pour le second thème, un suivi de reproduction de l'élevage laitier est mis en place sur la zone pilote de Saint-Joseph, puis étendu à l'ensemble de l'île et au troupeau allaitant par le zootechnicien de l'Inra.

A la suite des départs de Philippe Brunschwig, en 1990, et d'Alain Bigot, en 1991, une partie des activités de l'équipe du Cirad-Elevage est recentrée sur la maîtrise de la production fourragère, ce qui se traduit par l'arrivée de deux nouveaux chercheurs du Cirad en 1991. Le premier, Gilles Mandret, spécialiste de l'agronomie des plantes fourragères sera responsable du Cirad-Elevage de janvier 1991 à juillet 1996, le second, Vincent Blanford, spécialiste de l'agroécologie des systèmes prairiaux, mettra en place le programme de gestion raisonnée des prairies. Leur arrivée sera suivie par celle de deux nouveaux techniciens, Jean-Yves Latchimy et Patrick Thomas. Parallèlement à ce recentrage, une mission d'appui de Gérard Matheron, alors directeur scientifique du département de l'élevage du Cirad, souligne la nécessité d'un suivi des performances zootechniques de la filière allaitante et, plus généralement, d'une recherche en santé animale. Cette mission débouche sur l'arrivée d'un vétérinaire, Frédéric Lanot, en 1992, qui sera remplacé en 1997 par Emmanuel Tillard.

De nouvelles orientations scientifiques

Avec le départ de Jean Pelot en 1993 et son remplacement par Philippe Hassoïn, zootechnicien nutritionniste de l'Inra, en 1994, les recherches sur l'alimentation et les pratiques d'élevage lancées par Philippe Brunschwig sont reprises. Charles-Emile Bigot, technicien supérieur du Cirad-Elevage, rejoint l'Ede, qui prend en charge le suivi de reproduction mis au point par le Cirad. Ces mouvements de personnel visent à répondre à la demande des acteurs du

développement et à faciliter le transfert des outils et des méthodes mis au point par la recherche, comme le suivi de reproduction à l'Ede et les techniques d'ensilage à l'Union des Afp.

Les recherches en santé animale — suivi épidémiologique, mise en évidence des principales pathologies en élevage bovin... — se développent, et un nouveau technicien supérieur, Serge Nabeneza, est recruté en 1995 pour seconder le vétérinaire. Avec ce dernier recrutement et le poste de secrétariat assuré par Gisèle Morel, c'est une équipe de dix personnes qui travaille sur l'élevage à la Réunion. Pour animer ce dispositif, Gilles Mandret propose de créer un Conseil scientifique Cirad-Inra, qui sera mis en place en 1995. Il se réunit tous les deux ans — la dernière réunion a eu lieu en avril 1999 — pour évaluer les travaux réalisés, réorienter le cas échéant les recherches et apporter des appuis aux opérations de recherche programmées en partenariat avec les organismes de développement.

Depuis 1995, une programmation des activités de recherche pour l'ensemble du Cirad de la Réunion a été mise en forme. Elle repose sur des fiches d'opération et un document contractuel avec les collectivités locales, et le Conseil régional pour ce qui concerne les recherches sur l'élevage. Ce document est discuté et actualisé chaque année avec les partenaires techniques et financiers de la filière de l'élevage.

En 1996, à la suite du transfert de Patrick Thomas à l'Union des Afp, du départ de Gilles Mandret et surtout de Vincent Blanfort, en 1998, l'Union des Afp devient le maître d'œuvre de l'opération de gestion raisonnée des prairies, dont la méthode avait été mise au point par Vincent Blanfort dans le cadre d'une thèse de doctorat.

Le transfert de ces résultats au développement est un succès. L'Union des Afp a mis en place un suivi auprès de plus de cinquante éleveurs, apportant une aide à la décision pour la fertilisation et la gestion des surfaces fourragères. Avec leurs successeurs, Guy Roberge et surtout Patrice Grimaud, du Cirad, des outils analogues sont validés auprès des éleveurs de cervidés intégrés au suivi de la gestion des prairies de l'Union des Afp en 1998 et 1999.

Sur le plan scientifique, les travaux du Cirad-Elevage, outre les publications locales, ont conduit entre 1991 et 1998 à la présentation de deux thèses de doctorat, de sept mémoires d'études supérieures spécialisées, de neuf mémoires d'ingénieur, d'une thèse vétérinaire, de six mémoires de maîtrise, d'un mémoire universitaire en informatique et de deux mémoires de technicien supérieur ainsi qu'à des communications dans les congrès.

Les ressources
fourragères :
de la parcelle
à l'exploitation

En 1987, la Région Réunion demande au Cirad-Elevage, qui se crée, d'axer ses recherches sur l'accompagnement du développement laitier et, plus particulièrement, sur le déficit fourrager qui survient en période hivernale, de juin à octobre. Sur les 20 200 exploitations recensées en 1986, 32 % sont situées dans les Hauts, soit la totalité des exploitations laitières, ce qui représente 2 860 vaches laitières et 39 000 hectolitres de lait produits (ROYER *et al.*, 1986). Les prairies constituent l'essentiel de la surface des exploitations et l'accroissement des rendements passe en grande partie par une amélioration de la production fourragère avec divers niveaux d'intensification. Les espèces les plus fréquentes au-dessus de 800 mètres d'altitude, en dehors des espèces naturelles comme la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*) et la houlque laineuse (*Holcus lanatus*), sont le kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), le dactyle (*Dactylis glomerata*), le ray-grass (*Lolium* sp.) et la fétuque élevée (*Festuca arundinacea*). On rencontre plus rarement le brome cathartique (*Bromus catharticus*) et l'avoine (*Avena sativa*). En dessous de 800 mètres, les espèces tropicales dominent : sétaires (*Setaria anceps*), chloris (*Chloris gayana*), canne fourragère (*Pennisetum purpureum*) et kikuyu, ce dernier au-dessus de 600 mètres. Les références objectives sur la fertilisation des prairies sont rares et, si les prairies de fauche sont en bon état, les prairies soumises à la pâture sont fréquemment envahies par la Marie-éteintée (*Sporobolus fertilis*) et les ajoncs (*Ulex europaeus*) dans les Hauts, les cypéracées dans l'est et le bringelier (*Solanum toruosum*) dans les Bas (ROYER *et al.*, 1986 ; MANDRET, 1992).

Les travaux du Cirad-Elevage en 1987 s'inscrivent dans la continuité des essais d'introduction de nouvelles espèces et variétés réalisés depuis 1963 par l'Irat (FRITZ et LOYNET, 1966), qui avait installé 14 collections de comportement dans une zone allant du littoral jusqu'à 1 600 mètres. Ils prolongent aussi les études de GILIBERT (1981) sur le comportement sous pâture de nouvelles espèces et sur la production fourragère des prairies temporaires. Ces travaux portent principalement sur la zone tropicale de l'île, avec l'introduction d'espèces majoritairement tropicales. Dès 1971, l'Irat avait accompagné le développement de l'élevage dans les Hauts en introduisant des espèces tempérées. Ces recherches ont abouti à la création, en 1979-1980, de la station de Petite-France dans les Hauts de l'Ouest (1 300 mètres) pour tester le comportement sous pâture de espèces sélectionnées, à l'aide d'un troupeau de Brunes des Alpes. C'est également à cette époque que des recherches ont débuté sur la production fourragère dans les zones humides de l'est, sous contraintes d'envahissement par les cypéracées (MAHEU et MICHELLON, 1985a ; 1985b).

En 1987, le Cirad-Elevage privilégie donc une recherche fondée sur l'agronomie de la plante en fonction des niveaux d'intensification et des contraintes écologiques, mais qui va dans le sens d'une diversification des ressources fourragères. A partir de 1991, il aborde le problème du déficit fourrager sous un angle nouveau, complémentaire par rapport aux travaux qu'il a engagés avec l'Union des Afp sur la constitution de réserves fourragères et la création de

prairies. Les techniques permettant d'installer des prairies, de les régénérer ou de les fertiliser sont prises en compte en fonction de la plante et de son implantation dans le milieu. Des travaux sont menés, à l'échelle de la parcelle, en milieu contrôlé puis en milieu réel, sur l'introduction d'espèces fourragères adaptées à une faible intensification — fertilisation, rythme d'exploitation — et sur la constitution de réserves fourragères grâce à des céréales récoltées immatures. Ces travaux sont alors conditionnés par le fait que la ressource fourragère est soumise à une variation quantitative et qualitative au cours de l'année. Ils ont pour objectif de déterminer le stade physiologique optimal d'utilisation des espèces fourragères et donc leurs dynamiques de croissance en fonction de la saison et de la fumure. Les essais portent sur la vitesse de croissance (rythme d'apparition des feuilles et des tiges), sur l'évolution du rapport feuilles-tiges et sur l'apparition de la sénescence des feuilles en fonction de la saison et de la fumure (essais avec de l'azote sous forme d'isotope 15 et essais multifactoriels), à la différence des essais menés par l'Irat, qui utilisaient la fumure minérale uniquement pour maximiser la production de biomasse.

Cette nouvelle approche de la production fourragère implique alors de réexaminer la problématique de gestion des systèmes fourragers, comme celle des excès et des déficits herbagers, non plus par l'étude agronomique de la plante, mais par une approche à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation dans un souci de gestion agroécologique des prairies. Ainsi, l'aménagement pastoral se raisonne à la fois par le choix d'une technique appropriée pour la création de prairies, par l'utilisation d'un matériel végétal adapté aux contraintes écologiques et aux impératifs de l'éleveur et par l'adoption d'un modèle de gestion des prairies.

Le comportement des espèces fourragères

Gilles Mandret, Jean-Marie Paillat, Alain Bigot,
Olivia Fontaine, Jean-Yves Latchimy, Expédit Rivière

Afin de diversifier les ressources fourragères de l'île, des recherches ont été menées sur l'agronomie des espèces introduites puis sur le comportement de ces espèces dans des conditions de faible intensification du point de vue de la fertilisation. Pour les graminées tempérées, les variétés retenues sont Cambria, pour le dactyle, Trani, pour le ray-grass anglais, Ruten, pour le ray-grass d'Italie, Dalita, pour le ray-grass hybride, et Lubrette, pour la féтуque élevée. Elles associent à une bonne production, de l'ordre de 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an, un système racinaire bien développé. Pour les graminées tropicales, le kikuyu a une excellente longévité et un bon rendement, de 13 tonnes de matière sèche par hectare et par an, mais sa production varie de 1 à 5 entre l'hiver et l'été. Le chloris est plutôt réservé à la production de foin dans les Bas, où il a un rendement de 23 à 25 tonnes de matière sèche par hectare et par an ; son épiaison au 10^e jour de repousse sans fertilisation peut être retardée de 10 à 15 jours par l'application d'un engrais phospho-azoté. Les cannes fourragères conviennent bien à une utilisation en réserves sur pied, avec des rendements qui peuvent atteindre 50 tonnes de matière sèche par hectare et par an. D'autre part, des teneurs en matière sèche de 11 à 14 % ont été relevées pour certaines espèces de Setaria et de 13 % à 19 % pour des espèces de Brachiaria et de Panicum. Les espèces à haute teneur en matière sèche sont intéressantes pour la côte est de l'île, qui est très humide. Deux légumineuses tropicales, Stylosanthes guyanensis (10 tonnes de matière sèche par hectare et par an) et Desmodium intortum (13 tonnes de matière sèche par hectare et par an), ont été retenues pour la zone littorale. Une légumineuse tempérée, la luzerne, cultivar Europe, s'est révélée très intéressante pour la production de foin humide enrubanné, avec un rendement de 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an. Il faut noter aussi l'intérêt des haies

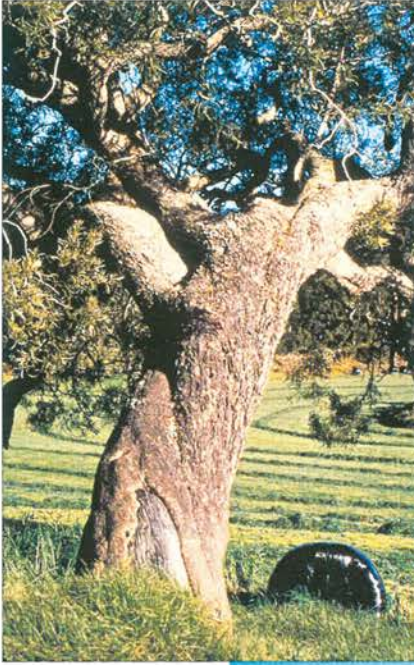
fourragères arbustives à Calliandra calothyrsus. L'ensilage à partir de céréales a été mis au point avec les variétés de maïs Cirad 412 et Cirad 413, qui sont appelées à remplacer l'hybride précoce Irat 143 et la variété Révolution. Pour les Hauts, la variété Cirad 415 a été sélectionnée. Le triticale, qui produit jusqu'à 15 tonnes de matière sèche par hectare et par an, offre de nouvelles possibilités, notamment les variétés Central, en culture pure, et Magistral, en semis sous couverture de graminées prairiales. L'introduction de vitro-plants de patate douce a permis de sélectionner des variétés adaptées aux Hauts, qui produisent jusqu'à 20 tonnes de matière sèche par hectare et par an.

Les graminées tempérées

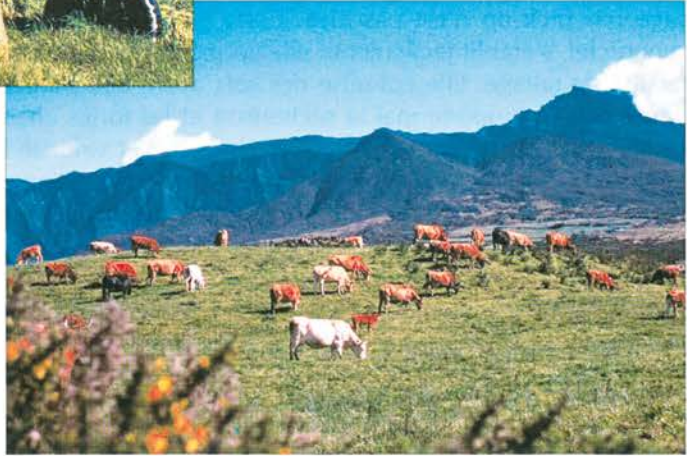
Le dactyle

Depuis 1976, la culture du dactyle, *D. glomerata*, s'étend dans les Hauts de la Réunion (GILIBERT *et al.*, 1981). Le dactyle tend à remplacer le kikuyu dans les pâturages des Hauts de l'Ouest, lorsqu'une exploitation de l'herbe par ensilage est prévue, mais aussi à la Plaine des Cafres, en altitude, où le kikuyu voit sa production chuter de façon importante en hiver, et dans les prairies de fauche de la Plaine des Palmistes, du fait de sa bonne longévité. Il est aussi exploité dans les Hauts du Sud. Cette graminée résiste bien au pâturage, elle est bien appréciée par les animaux (BIGOT, 1991b). Son exploitation par la fauche est aisée, il est donc possible de la récolter sous forme d'ensilage (LEPETIT et PAILLAT, 1992). C'est une plante pérenne qui s'enracine profondément et dont les racines, puissantes, se renouvellent tous les deux ans. Très résistante à la sécheresse, elle répond bien à la fertilisation azotée et s'adapte à différents types de sol. Cependant, son installation est un peu délicate, la germination étant difficile et les plantules démarrant lentement (GILIBERT, 1981 ; BIGOT, 1991b). Aussi faut-il préparer un lit de semences fin, régulier et suffisamment tassé, notamment sur les andosols très légers des Hauts de l'île (PAILLAT, 1986a ; 1988a ; PERRET, 1993). Les outils d'affinage à dents et le semoir sur cultipacker (Rollosem) donnent satisfaction. Cet itinéraire d'implantation est maintenant pratiqué dans l'ensemble de l'île grâce à sa vulgarisation par l'Union des Afp. Le dactyle a la faculté de s'étendre par resemis et il a une bonne longévité. Sa production varie de 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an dans les Hauts de l'Ouest (9,8 à 14,1 tonnes ; BIGOT et FONTAINE, 1991a) à 15 tonnes à la Plaine des Cafres (13,3 à 17,9 tonnes ; GILIBERT, 1981), avec une baisse de production de 45 % en hiver par rapport à l'été.

L'Irat, qui a étudié de 1982 à 1985 sur son site de Petite-France les variétés Prairial, Lutetia, Lully et Lucifer, note une baisse importante de production au cours de la troisième année d'exploitation quelle que soit la variété (MICHELLON et RASSABY, 1985b). BIGOT (1991b), à la suite d'un essai de semis de Prairial sous couvert d'avoine ou de ray-grass d'Italie à Petite-France, préconise de



Prairies à graminées tempérées à la Plaine des Cafres, entre 1 600 et 1 800 mètres d'altitude (photos P. Hassoun, V. Blanfort).



semer le dactyle à la fin du mois d'avril avec de l'avoine, à raison de 70 kilos par hectare, pour bénéficier de la pousse rapide de l'avoine qui ne gêne pas l'installation du dactyle. De 1993 à 1995, le Cirad-Elevage teste, à la Plaine des Palmistes sur une parcelle de F. Robert, les variétés Prairial (témoin), Cambria et Lude dans des conditions de faible intensification : 300 kilos de chaux magnésienne et 100 kilos d'un engrais complet 10-20-20 par hectare et par an. Des rendements du même ordre que ceux cités précédemment ont été obtenus, mais la chute de rendement au cours de la troisième année a été moindre pour la variété Cambria, qui produit 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an en première année et 5,5 tonnes en troisième année, contre 3 tonnes pour Prairial. La variété Cambria a de plus un système racinaire signi-

ficativement mieux développé que celui des deux autres — sa biomasse racinaire est égale à 8 tonnes de matière sèche par hectare après deux ans —, ce qui lui assure une meilleure résistance au pâturage et une meilleure valorisation des éléments fertilisants. Les teneurs en éléments N, P, K, Ca et Mg sont significativement plus élevées pour Cambria.

Le ray-grass anglais

Le ray-grass anglais, *Lolium perenne*, assez peu répandu à la Réunion, est parfois cultivé dans certaines zones d'altitude élevée de la Plaine des Cafres et dans les Hauts du Sud sur le plateau de Grand-Coude à 1 200 mètres d'altitude, région humide et assez fraîche. Les essais dans les Hauts de l'Ouest ont montré ses limites en saison sèche : sa pérennité peut être fortement affectée lorsque survient une sécheresse marquée (BIGOT et FONTAINE, 1991a). Son chevelu racinaire varie beaucoup en fonction de la variété. Sa structure, avec des nombreuses talles petites et des feuilles étroites, convient mal à la fauche : le ray-grass anglais a tendance à se coucher et son ramassage par pick-up n'est pas aisé. Cette graminée pérenne, à enracinement superficiel, s'établit facilement : elle germe rapidement et possède une grande faculté de tallage. Elle colonise des sols ayant une bonne capacité de rétention d'eau et supporte mal la sécheresse et les fortes chaleurs (ACTA, 1987a). Le ray-grass anglais est adapté aux sols riches et valorise bien la fertilisation. Son installation est plus facile que celle du dactyle. Néanmoins, elle nécessite un lit de semences suffisamment fin et tassé (PAILLAT, 1986a ; 1988a). Dans des conditions favorables, sa longévité est bonne : de 4 à 10 ans. Les animaux consomment bien le ray-grass anglais lorsqu'il est au stade feuillu. Ses tiges durcissent lentement, il peut donc être exploité à un stade plus tardif que les autres graminées tempérées, entre 5 et 7 semaines selon la saison. Le ray-grass est sensible à la rouille ; il est mal apprécié par les animaux lorsqu'il est atteint.

Pour les années 1987 et 1988, BIGOT et FONTAINE (1991a) ont observé un rendement voisin de 16 tonnes de matière sèche par hectare dans un essai mené avec la variété Vigor sur sept exploitations des Hauts de l'Ouest (Petite-France, à 1 300 mètres) avec une forte fertilisation azotée, de 420 kilos par hectare. Dans cet essai, le ray-grass anglais est, sur l'année, la plus productive et la plus régulière des graminées installées. Sa baisse de production en hiver est inférieure à 20 %, alors qu'elle est de 45 % pour le dactyle et de 33 % pour le kikuyu. En 1981 et 1982, l'Irat a obtenu des rendements moitié moindres avec les variétés Mantilla et Réveille, pour des niveaux de fumure deux fois moins élevés (MICHELLON et RASSABY, 1984c).

De 1993 à 1995 à Petite-France puis à la Plaine des Palmistes sur une parcelle de F. Robert, Mandret a étudié les variétés tétraploïdes Belfort, Citadel et Condesa et les variétés diploïdes Préférence et Trani dans des conditions

de faible intensification : 300 kilos de chaux magnésienne et 100 kilos d'un engrais complet 10-20-20 par hectare et par an. Le système racinaire des variétés Trani et Belfort est bien développé (5,1 et 4 tonnes de matière sèche par hectare et par an sur deux ans), celui de Préférence et de Citadel est moitié moins développé, celui de Condesa, peu développé (1,2 tonne). La variété Préférence est celle qui produit le plus de biomasse en hiver mais c'est aussi celle qui est la plus sensible à la rouille. Quelle que soit la variété, le rendement annuel ne dépasse pas 10 tonnes de matière sèche par hectare dans ces conditions de fertilisation. La variété Trani offre la production de biomasse la plus régulière tout au long de l'année, avec un enrichissement maximal du sol en matière organique, et la meilleure résistance au pâturage et à la rouille. Elle valorise mieux l'azote en hiver que les autres variétés : 28 kilos exportés par hectare et par coupe tous les 30 jours soit 65 % de plus que Condesa, 25 % de plus que Belfort et Citadel, 10 % de plus que Préférence.

Le ray-grass d'Italie

Le ray-grass d'Italie, *Lolium multiflorum*, est plutôt cultivé à la Plaine des Cafres. Cette graminée possède un enracinement superficiel peu dense, tient mal le sol et pose des problèmes dans les sols peu portants. Elle s'établit facilement mais elle est exigeante en eau et résiste mal à la sécheresse. Elle est sensible au froid, mais sa pousse dans les conditions d'hiver doux de la Réunion peut être importante. Comme toutes les graminées tempérées, le ray-grass d'Italie requiert un lit de semences suffisamment fin et tassé (PAILLAT, 1986a ; 1988a). A la Réunion, dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique, il peut être productif pendant plus de cinq ans. Les animaux consomment bien le ray-grass d'Italie lorsqu'il est au stade feuillu, mais ses tiges durcissent rapidement et sa valeur alimentaire devient alors médiocre. De plus, il remonte en épis à chaque exploitation. C'est également une plante très sensible à la rouille, qui, lorsqu'elle est atteinte, est mal appréciée par les animaux et voit sa production chuter (ACTA, 1987b).

L'Irat a étudié les variétés non alternatives Maris Ledger, Sabalan et Tiara de 1981 à 1982 à Petite-France avec des résultats très décevants (MICHELLON et RASSABY, 1984c). De 1993 à 1995, le Cirad-Elevage a étudié à Petite-France puis à la Plaine des Palmistes, toujours sur les mêmes sites, les variétés tétraploïdes Cyrano et Elving et les variétés diploïdes Montfort et Ruten dans les mêmes conditions de faible intensification que précédemment. La biomasse racinaire de ces variétés est réduite : 1,5 à 2 tonnes de matière sèche par hectare sur deux ans. Les rendements fourragers varient peu selon les variétés, de 10 à 11 tonnes de matière sèche par hectare et par an, mais la variété diploïde Ruten s'adapte mieux aux Hauts de la Réunion avec des rendements significativement plus élevés, une meilleure résistance à la rouille et une plus forte capacité à absorber le phosphore et le magnésium.

Le ray-grass hybride

Le ray-grass hybride, *L. perenne* × *L. multiflorum* ou *L. hybridum*, est le résultat du croisement du ray-grass anglais avec le ray-grass d'Italie. A l'initiative de la Sicalait, il a presque remplacé le ray-grass anglais. Sa vocation est souvent l'ensilage. On rencontre cette graminée dans toutes les régions d'élevage des Hauts de l'île, surtout à la Plaine des Cafres, au-dessus 1 200 mètres, et dans les Hauts du Sud. Actuellement, les éleveurs préfèrent le ray-grass hybride au ray-grass anglais, car il est un peu moins sensible à la sécheresse et plus facile à récolter. Il présente, par rapport au ray-grass d'Italie, une meilleure longévité tout en ayant les mêmes caractéristiques de productivité et de rapidité d'installation. La plupart des variétés se rapprochent plus du ray-grass d'Italie, mais remontent moins à épis (ACTA, 1987c). Leurs caractéristiques d'installation et d'exploitation sont celles des autres ray-grass. Leur longévité est intermédiaire entre celle du ray-grass anglais et celle du ray-grass d'Italie : 3 à 4 ans, parfois davantage à la Réunion.

De 1981 à 1982, l'Irat a étudié les variétés Augusta et Sabrina avec, comme pour le ray-grass d'Italie, des résultats décevants (MICHELLON et RASSABY, 1984c). Dès 1993, dans les mêmes conditions que pour les autres ray-grass à la même période, le Cirad-Elevage teste les variétés tétraploïdes Dalita, Polly et Siriol et la variété diploïde Barcolte. Le système racinaire de ces variétés n'est pas plus développé que celui du ray-grass d'Italie et leur rendement est identique, sauf pour la variété Dalita qui a un rendement fourrager significativement plus élevé (12 tonnes de matière sèche par hectare et par an) et persistant dans le temps (résultats sur trois ans), et dont la production hivernale, de mai à octobre, n'est que de 20 % inférieure à la production estivale, de novembre à avril. Hormis Barcolte, ces variétés sont peu sensibles à la rouille

La féтуque élevée

La féтуque élevée, *Festuca arundinacea*, est surtout cultivée à la Plaine des Palmistes, en raison de sa résistance aux conditions difficiles — inondation, températures, piétinement. Elle est également appréciée dans certaines zones humides de la Plaine des Cafres. La féтуque est une graminée pérenne qui résiste à la submersion, à la sécheresse, au froid, aux fortes chaleurs, au piétinement et à l'acidité : c'est une plante très rustique (GILIBERT, 1981). Elle résiste bien à la rouille (ACTA, 1987d). Son implantation est lente et difficile. Elle requiert un sol bien préparé et fertilisé, mais sa longévité est bonne. Compte tenu de la dureté de son feuillage, elle doit être exploitée à un stade très précoce, à 4 semaines ; elle est alors bien appréciée par les animaux. Du fait de sa bonne aptitude à la dessiccation, elle convient à l'ensilage en balles enrubannées.

De 1982 à 1984, l'Irat a testé avec succès, dans les conditions sèches des Hauts de l'Ouest, les variétés Amphiploïde 1 et 2, issues du croisement entre

des fétuques classiques et des fétuques méditerranéennes, Festal, Ludmilla, Luther, Pastelle et Raba. Les rendements ont été de 7 à 9 tonnes de matière sèche par hectare et par an, mais avec une chute de production de 50 % au cours de la troisième année (MICHELLON et RASSABY, 1985b). Les variétés Clarine, Gloria, Lironde, Manade, M. Jebel, M. Kasba et Ondine, testées dans les mêmes conditions, ont donné des résultats décevants (MICHELLON et RASSABY, 1985a). Dans les Hauts de Menciol, sur la côte est, à 600 mètres d'altitude, PICHOT et PHILOTE (1982) ont étudié le cultivar Festal en association avec du trèfle blanc ou des légumineuses tropicales comme *Aeschynomene* sp., *Desmodium intortum* et *Stylosanthes*. Les résultats se sont révélés médiocres pour ces associations du fait de la difficulté d'exploiter les légumineuses à leur stade physiologique optimal ; la fétuque a cependant un bon rendement sur l'année avec 9,5 tonnes de matière sèche par hectare.

A 1 200 mètres dans les Hauts du Sud, GILIBERT (1981) observe un rendement annuel, sur terrain dégradé, de 12,8 tonnes de matière sèche par hectare (4 coupes) pour un âge de repousse moyen de 92 jours. Sur deux ans, pour une altitude un peu plus élevée et en région sèche (Hauts de l'Ouest, à 1 300 mètres), BIGOT et FONTAINE (1991a) trouvent un rendement moyen annuel de 14,7 tonnes de matière sèche par hectare avec 9 à 10 exploitations par an, ce qui correspond à un rythme de pâturage de 38 jours en moyenne avec une fertilisation élevée (400 unités d'azote). Dans ces conditions, la baisse de production hivernale est de 38 %, comparable à celle du kikuyu, inférieure à celle du dactyle, mais supérieure à celle des ray-grass.

De 1993 à 1995, les variétés Barcel, Cigale, Lubrette, Soplina et Manade (cette dernière étant également présente dans les essais de l'Irat) ont été étudiées sur les mêmes sites de Petite-France et de la Plaine des Palmistes, toujours dans des conditions de faible intensification. Du point de vue des rendements et de leur régularité sur trois ans de suivi, les variétés Lubrette et Soplina sont les plus intéressantes, avec un rendement de 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an. Malgré une chute des rendements en hiver de 30 % par rapport à l'été, la variété Lubrette a l'avantage d'offrir une production hivernale significativement supérieure à celle de Soplina (+ 37,5 %) et d'avoir le chevelu racinaire le plus développé (12,5 tonnes de matière sèche par hectare après trois ans, soit plus de 3 fois supérieur à celui des autres fétuques). Cette biomasse racinaire est à prendre en compte pour améliorer la fertilité des sols, d'autant que cette variété valorise bien l'azote : 4,8 à 3,5 % d'azote dans la matière sèche, malgré le bas niveau de fertilisation en fonction de la saison et jusqu'à 60 jours de repousse ; la chute est sensible après le 35^e jour. La qualité fourragère de cette variété à 30 jours de repousse est comparable à celle d'un ray-grass anglais au même stade (production, matières azotées totales, digestibilité de la matière organique). En revanche, la variété Manade, souvent utilisée à la Réunion, s'est révélée très inférieure à toutes les autres fétuques pour tous les critères étudiés.

Les graminées tropicales

Le kikuyu

Le kikuyu, *Pennisetum clandestinum*, est une graminée pérenne originaire des hauts plateaux du Kenya. Il a un port rampant avec des stolons qui présentent de nombreux nœuds pouvant s'enraciner, ce qui rend la fauche et la récolte en ensilage difficiles (LEPETIT et PAILLAT, 1992). Son mode d'exploitation le mieux adapté est le pâturage car sa résistance au piétinement est élevée. L'extension des surfaces en kikuyu à la Réunion a été très importante à partir de 1975, avec le développement de l'élevage bovin. Actuellement, le kikuyu est présent dans toutes les régions hautes de l'île, à partir de 600 mètres, principalement à la Plaine des Cafres et dans les Hauts de l'Ouest. Au-dessus de 1 500 mètres, le kikuyu est sensible aux gelées et peut alors accusé un arrêt végétatif pendant une partie de l'hiver austral. C'est une plante antiérosive adaptée aux zones de pâturage en pente. Sa longévité est excellente ainsi que sa résistance à l'envahissement par des mauvaises herbes : c'est une plante très agressive. Les prairies constituées de kikuyu peuvent être qualifiées de permanentes. La mise en place est généralement réalisée par bouturage en plein ou dans un sillon (PAILLAT, 1986a ; BIGOT et FONTAINE, 1991a), mais le semis est également possible avec des graines importées d'Australie. Le kikuyu est une herbe bien appréciée par les animaux.

GILIBERT (1981) donne des rendements fourragers, à 1 200 mètres d'altitude dans les Hauts du Sud, de 16 à 18 tonnes de matière sèche par hectare et par an pour un rythme d'exploitation de 75 à 80 jours, mais ce rythme n'est pas à recommander. MICHELLON *et al.* (1982) et MICHELLON et RASSABY (1984b ; 1985b) notent une réponse significative à la fertilisation azotée du kikuyu cultivé à 1 300 mètres dans les Hauts de l'Ouest (Petite-France) : de 5,9 tonnes de matière sèche par hectare et par an sans fertilisation azotée, le rendement passe à 10,7 tonnes avec 30 unités d'azote par hectare et par coupe et à 13,3 tonnes avec 60 unités d'azote. L'effet du chaulage n'est significatif que pour la fertilisation minimale (30 N) : 9,3 tonnes de matière sèche par hectare et par an sans chaulage et 12,1 tonnes avec chaulage. PICHOT *et al.* (1982) notent les mêmes réponses à la fertilisation azotée pour le kikuyu cultivé sur la ferme de la Sedaël, à 1 000 mètres d'altitude dans les Hauts du Sud : 9 tonnes de matière sèche par hectare et par an sans fertilisation, 11,4 tonnes avec 30 unités d'azote par hectare et par coupe et 12,5 tonnes avec 60 unités d'azote. L'effet du chaulage n'est également perceptible que pour les faibles niveaux de fertilisation. Dans cette même étude, MICHELLON et RASSABY (1984b, 1985b) font remarquer l'irrégularité de production du kikuyu au cours de l'année : la différence entre production hivernale et estivale s'accroît avec l'altitude, elle peut atteindre la proportion de 1 à 5 pour une altitude supérieure à 1 500 mètres. A plus faible altitude (vers 1 000 mètres à la Sedaël) dans la région sud, qui bénéficie d'un régime hydrique plus favorable, cette différence pourrait être fortement atté-



*Prairies de kikuyu
au Bras-Creux,
à 800 mètres
d'altitude
(photo G. Mandret).*

nuée en n'apportant la fertilisation azotée qu'en hiver (PICHOT *et al.*, 1982). BIGOT (1991a) a établi les courbes de rendement du kikuyu en fonction de l'âge de la repousse et de la saison, sur la ferme de la Sedaël à 1 000 mètres d'altitude. Le kikuyu croît de façon exponentielle jusqu'à 70 jours de repousse au moins ; à ce stade, il atteint 65 centimètres de hauteur en été avec un rendement par coupe supérieur à 4 tonnes de matière sèche par hectare, mais seulement 20 centimètres en hiver avec un rendement de 2,5 tonnes.

Des essais ont été menés de 1995 à 1996 en zone de moyenne altitude (à 700 mètres, à la Sedaël), en saison froide et en saison chaude, avec des niveaux élevés de fumure, pour que les conditions ne soient pas limitantes : 150 à 218 kilos d'azote et 150 à 175 kilos de phosphore par hectare. Ils ont porté sur la vitesse de croissance (rythme d'apparition des feuilles et des tiges), sur l'évolution du rapport feuilles-tiges et sur l'apparition de la sénescence des feuilles en fonction de la saison (voir le chapitre « Gestion agroécologique des prairies ») et de la fumure azotée et phosphorée. Ils ont aussi permis d'étudier le coefficient réel d'utilisation de l'azote, appliqué sous la forme NH_4NO_3 isotopique 15, par les feuilles et les tiges et la relation hauteur-biomasse (MANDRET *et al.*, 1996). Pendant la saison froide, l'application d'un engrais azoté favorise l'émission de stolons secondaires à la base des stolons principaux dès le 15^e jour de repousse, alors qu'il faut attendre 30 jours pour voir apparaître les premiers stolons secondaires sur les parcelles sans engrais. En revanche, le nombre de stolons principaux émis ne change pas quel que soit le traitement (deux stolons en moyenne par plante). La plante stolonifère se développe par un accroissement en longueur de ses deux stolons principaux, qui vont produire des ramifications multiples au niveau des nœuds. Dans le cas de l'application d'un engrais phospho-azoté, c'est d'abord l'azote qui agit sur la ramification puis le phosphore. Il semble que le phosphore prolonge l'effet de l'engrais azoté, probablement par activation des

bactéries nitrifiantes du sol comme le suggèrent les travaux décrits dans le chapitre suivant sur la relation sol-plante. En saison chaude, la ramification des stolons commence après la première semaine de repousse et aucune différence dans le rythme d'apparition et le nombre des stolons secondaires n'est observée entre les différents traitements, avec ou sans engrais. En revanche, l'application d'un engrais azoté accélère l'émission de feuilles et favorise l'élongation des stolons. Quels que soient la saison et le traitement, les stolons issus de bourgeons souterrains à la suite d'une coupe au ras du sol sont les plus vigoureux. On peut donc penser que pour renouveler une parcelle dégradée il vaut mieux couper le kikuyu très ras et appliquer une fumure adéquate (MANDRET *et al.*, 1996).

En hiver, la plupart des éleveurs pratiquent une exploitation tardive du kikuyu pour disposer d'un maximum de fourrage à pâturer. Les essais ont montré l'intérêt d'exploiter le kikuyu à 30 jours. En effet, la production cumulée de deux coupes à 30 jours de repousse est égale à celle d'une coupe à 60 jours de repousse en hiver. En été, la production cumulée est inférieure de 15 % à celle d'une coupe à 60 jours mais les matières azotées digestibles étant deux fois supérieures, il est évident que le kikuyu est un fourrage qui demande à être pâturé jeune, quelle que soit la saison.

Le chloris

Le chloris, *Chloris gayana*, est une graminée pérenne originaire du sud de l'Afrique. Il pousse en climats tropicaux ou tempérés chauds. Il est bien connu à la Réunion où l'Irat a réalisé de nombreux essais. Le chloris donne d'excellents résultats de productivité jusqu'à 800 mètres d'altitude (GILBERT, 1981). Depuis quelques années, il est utilisé pour produire du foin en zone littorale irriguée pour l'alimentation des bovins des Hauts en période de déficit fourrager ou pour la complémentation des rations estivales riches en eau (BRUNSCHWIG, 1991b). Certains éleveurs des zones de piémont, de 400 à 800 mètres, l'utilisent parfois en pâturage, bien qu'il résiste mal au piétinement, ou en balles enrubannées pour l'affouragement en vert. Le chloris s'implante par semis et couvre rapidement le sol grâce à ses stolons, qui donnent naissance à de nouvelles touffes. En fauche, sa longévité peut dépasser dix ans. Sa qualité est bonne lorsque la plante est à un stade physiologique jeune. En zone littorale au vent, MAHEU et MICHELON (1985b) donnent un rendement annuel supérieur à 30 tonnes de matière sèche par hectare avec une forte fumure et pour une récolte à 26,6 % de matière sèche, en moyenne. En altitude et pour le même niveau de fumure, dans la zone au vent, à 600 mètres, le rendement annuel varie de 15 à 20 tonnes de matière sèche par hectare avec une baisse de production de 40 % en hiver (GILBERT, 1981 ; PICHOT *et al.*, 1982). Conduit sous irrigation, dans la zone littorale sous le vent, le chloris pourrait atteindre une production de 40 tonnes de matière sèche par hectare avec une fertilisation importante et 8 à 10 coupes par année. Chez les producteurs de foin de

cette zone, les rendements annuels observés sont plus modestes, de l'ordre de 25 tonnes de matière sèche par hectare. Sur des sols sableux et filtrants, ce rendement est de 23,5 tonnes de matière sèche par hectare à Pierrefonds et de 20,2 tonnes à Saint-Joseph (BRUNSCHWIG, 1991b). Que ce soit sur vertisols ou sur limons sableux, le chloris présente toujours des carences en magnésium, en cuivre et en zinc (MANDRET, 1994a ; 1996).

Des essais ont été conduits de 1992 à 1996 aux Aviron (H. Fort), à Saint-Pierre (H. Dijoux) et au lycée d'enseignement professionnel agricole et horticole de Saint-Joseph, en saison froide et en saison chaude, avec des niveaux élevés de fumure afin que les conditions ne soient pas limitantes : 150 à 218 kilos d'azote et 150 à 175 kilos de phosphore par hectare (figure 4). Ces essais ont permis d'étudier la vitesse de croissance (rythme d'apparition des feuilles, des tiges et des inflorescences), l'évolution du rapport feuilles-tiges, l'apparition de la sénescence des feuilles en fonction de la saison et de la fumure azotée et phosphorée (l'azote étant appliqué sous la forme NH_4NO_3 isotopique 15 et sous la forme de

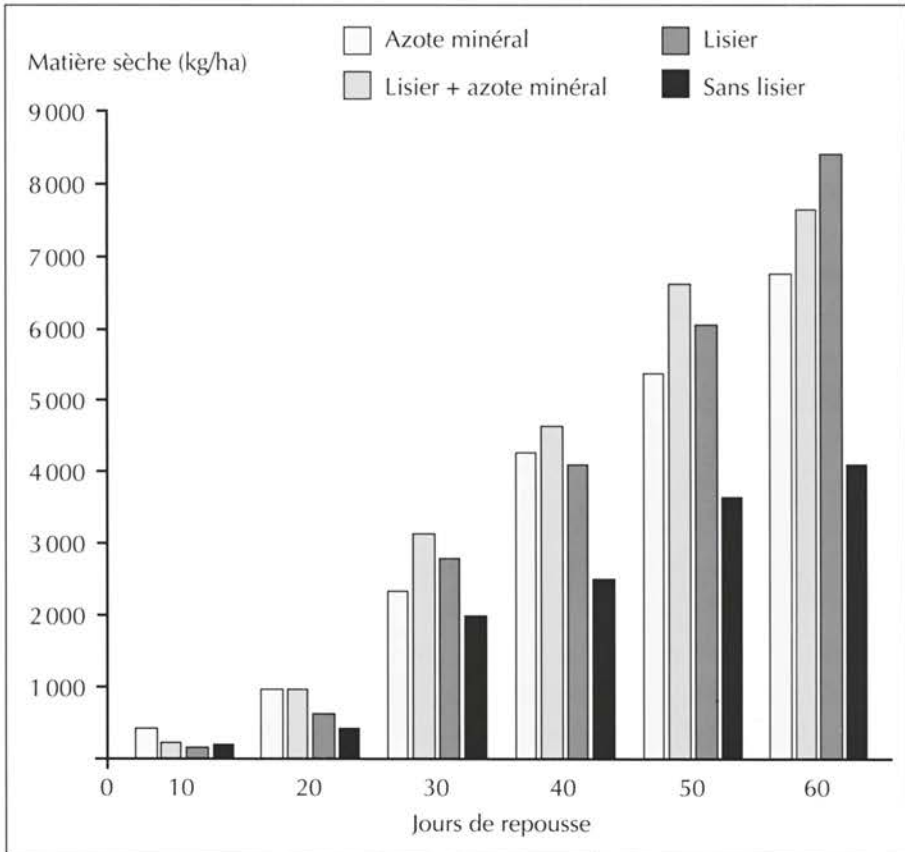


Figure 4. Croissance de *Chloris gayana* en fonction de la fumure.

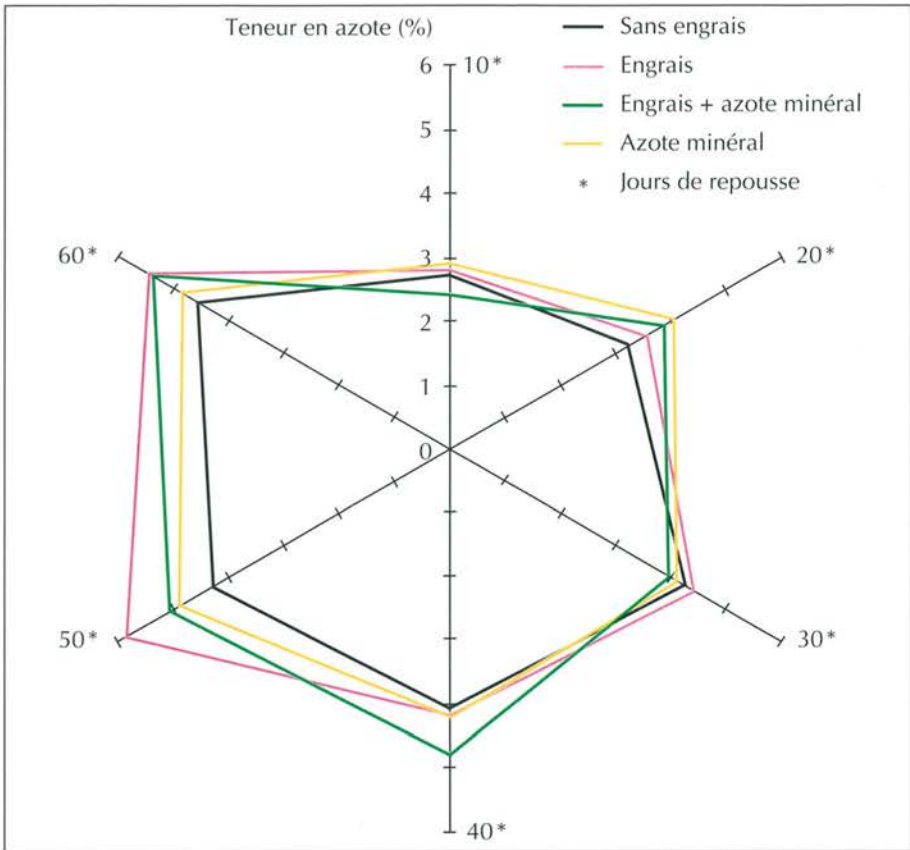


Figure 5. Teneur en azote de *Chloris gayana* en fonction du type et de la dose d'engrais, à 10, 20, 30, 40, 50 et 60 jours de repousse.

lisier de porc), ainsi que le coefficient réel d'utilisation de l'azote par les feuilles et les tiges, le lessivage (à l'aide de bougies poreuses enfouies à 30 centimètres et 60 centimètres) et la relation hauteur-biomasse (MANDRET *et al.*, 1992a ; 1993). Dans les conditions climatiques du littoral de la Réunion, à hiver doux, l'épiaison du chloris commence dès le 10^e jour de repousse, quelle que soit la saison, si aucune fertilisation n'est pratiquée, alors qu'elle est retardée de 10 jours en hiver et de 15 jours en été avec l'application d'un engrais phospho-azoté. Cet aspect de la fertilisation est à prendre en compte pour la production de foin, surtout si on ne maîtrise pas bien la date de récolte. Il ne semble pas que la fertilisation ait un effet sur le vieillissement de la plante. La sénescence des feuilles intervient dès le 30^e jour, avec ou sans engrais, sur des tiges à 4 feuilles, pour les parcelles sans engrais, ou des tiges à 5 feuilles, pour les parcelles avec engrais. L'application d'un engrais azoté minéral donne un coup de fouet à la croissance dans les vingt premiers jours. Cet effet diminue par la suite.

FRITZ et LOYNET (1973) avaient déjà remarqué qu'un retard d'application de l'engrais azoté, après la coupe, diminuait le rendement. A l'inverse, l'application de lisier de porc engendre un effet retard de la fumure azotée, qui est mieux valorisée à partir du 30^e jour de repousse par rapport à un engrais minéral (figure 4). L'azote est plus facilement mobilisé vers les feuilles lorsqu'on utilise du lisier à la place d'un engrais azoté minéral. A l'inverse, sans engrais, la plante va stocker plus d'azote dans la tige. Il peut s'agir d'une réaction de défense de la plante qui, face à un milieu difficile, va avoir une stratégie de reproduction plutôt qu'une stratégie de croissance végétative. Elle produira plus de tiges et concentrera ses réserves dans ses tiges pour l'épiaison, qui interviendra plus rapidement. L'importance de la fertilisation est donc évidente pour les producteurs de foin de chloris. L'association fumure organique (lisier de porc) et fumure minérale (ammonitrate) permet de bénéficier de la rapidité d'absorption de l'azote minéral dans les vingt premiers jours (figure 5), qui favorise l'émission de feuilles, ainsi que de l'effet retard du lisier qui permet de conserver cet avantage jusqu'à 60 jours. Au-delà, le chloris est trop vieux et la sénescence des feuilles trop importante pour juger, d'autant que la culture n'a plus alors d'intérêt. D'une manière générale, il vaut mieux éviter d'apporter de fortes doses d'azote car le coefficient réel d'absorption de l'azote provenant de l'engrais minéral est faible : 10 % en saison froide et 15 % en saison chaude, et cela bien que le lessivage de l'azote soit faible (MANDRET *et al.*, 1992a ; 1996).

Les cannes fourragères

Le terme de « cannes fourragères » peut surprendre. A la Réunion, il est employé par analogie avec celui de « cannes sucrières » et recouvre plusieurs espèces fourragères ayant en commun une certaine ressemblance avec la canne à sucre : touffes dressées et puissantes à fortes tiges, tailles élevées et forte production, multiplication par boutures, exploitation par coupe manuelle. Il s'agit le plus souvent de *Pennisetum purpureum*, dont il existe une grande diversité de souches à la Réunion. Chaque souche porte un nom local faisant en général référence à un nom propre, à un lieu ou à une particularité de la plante.

Le Cirad-Elevage a ainsi rassemblé deux collections, l'une de 11 souches à la Plaine des Grègues, dans le sud, à 600 mètres d'altitude, et l'autre de 13 souches à Champborne, dans le nord-est, au niveau de la mer (BIGOT *et al.*, 1990). Deux autres cannes fourragères ont été étudiées dans la collection de la Plaine des Grègues et comparées à *P. purpureum* pour leur comportement et leur productivité : le bana-grass, un hybride entre *P. purpureum* et *P. typhoides* introduit d'Afrique du Sud, et le Guatemala-grass, *Tripsacum laxum*. Ces collections ont été constituées afin de mieux connaître et caractériser un matériel végétal qui, sous la seule dénomination botanique de *P. purpureum*, comprenait une grande diversité de cannes fourragères tant par l'aspect que par le comportement. Les essais mis en place par le Cirad-Elevage ont duré deux ans,

de janvier 1988 à décembre 1989 (BIGOT *et al.*, 1990). Les résultats obtenus avec les six souches communes aux deux collections montrent que les productions peuvent être très variables pour une même souche selon les conditions pédoclimatiques et l'altitude. En conditions non limitantes, avec des niveaux de fertilisation élevés et en 5 à 6 coupes par an, la souche Mondon blanche produit 38,6 tonnes de matière sèche par hectare et par an à la Plaine des Grègues et 51,3 tonnes à Champborne, alors que la souche Jeannot produit 35,1 tonnes à la Plaine des Grègues et 27,5 tonnes à Champborne.

Le bana-grass se montre moins productif que *P. purpureum*, mais il offre l'avantage d'être utilisable à des altitudes plus élevées, supérieure à 1 000 mètres, sans craindre le gel, et d'y constituer des réserves sur pied pour l'hiver. Le Guatemala-grass a une production du même ordre que celle de bana-grass avec 27 tonnes de matière sèche par hectare et par an, mais avec une croissance plus lente en hiver. Il est sensible au gel et supporte mal les coupes fréquentes. Comme le bana-grass, il convient à une utilisation en réserves sur pied, mais à des altitudes plus basses, où les éleveurs apprécient son faible pourcentage de tiges lignifiées même à un âge avancé.

Les autres graminées tropicales

Plusieurs graminées tropicales ont été étudiées par Mandret sur la côte est de l'île dans une zone chaude et humide, sur l'exploitation de J.H. Arginthe au lieu-dit l'Abondance, pendant trois ans, de 1993 à 1996. Sur des parcelles de 10 mètres carrés répétées trois fois, les dynamiques de croissance de *Brachiaria ruziziensis*, *B. decumbens*, *B. humidicola*, *Panicum maximum* (cultivars T58 et C1) et *Setaria anceps* (cultivar Narok) ont été suivies jusqu'à 60 jours de repousse avec des pas de temps de 15 jours, dans des conditions de fertilisation non limitantes (400 N, 200 P, 600 K, 1 000 Ca, appliquées en deux fois). L'une des caractéristiques des espèces du genre *Brachiaria* est leur tolérance aux sols peu fertiles des tropiques du fait de leur fort développement racinaire, de leur capacité à utiliser l'azote à la fois sous forme de nitrates et sous forme ammoniacale et de leur aptitude à valoriser au mieux le phosphore et le calcium (MILES *et al.*, 1996). Les *Brachiaria* sont peu connus à la Réunion, en Amérique tropicale, en revanche, ils ont été plantés sur près de 70 millions d'hectares et l'industrie semencière brésilienne produit depuis une vingtaine d'années de grandes quantités de semences. L'intérêt des *Brachiaria* pour la côte est réside aussi dans leur pouvoir antiérosif du fait du paillage au sol qu'entraîne leur mode de propagation stolonifère (à condition qu'ils ne soient pas surpâturés).

B. humidicola a un rendement fourrager supérieur à celui des autres espèces, notamment de *S. anceps*, couramment utilisé à la Réunion. Sa production de matière sèche est significativement plus élevée quelle que soit la saison : entre 1 tonne de matière sèche à l'hectare pour 30 jours de repousse en saison froide et 6 tonnes en saison chaude (figure 6). Les éleveurs qui ont l'habitude de *S. anceps*, dont le comportement est assez bon en saison froide, auraient intérêt

à utiliser aussi *B. humidicola*. Le seul inconvénient de *B. humidicola* par rapport à *S. anceps* est qu'il est plus long à s'implanter, comme l'ont montré les essais menés avec J.M. Barrau à Bagatelle. En revanche, il monte moins vite à graines et les risques de diffusion des graines par les oiseaux dans les champs de canne à sucre sont moindres. Sur cette côte humide, la teneur en matière sèche des fourrages peut être un frein à leur ingestion par les animaux. Ainsi, *S. anceps* a toujours des teneurs très basses à 30 jours de repousse (entre 11 % et 14 %), alors que celles de *B. humidicola* varient entre 13 % et 19 % tout au long de l'année pour des temps de repousse identiques (figure 7). *B. decumbens* a un comportement assez proche de celui de *B. humidicola*, bien que son ren-



Création de prairies à Brachiaria ruziziensis et lutte contre l'érosion sur la côte est, à 300 mètres d'altitude (photos G. Mandret).

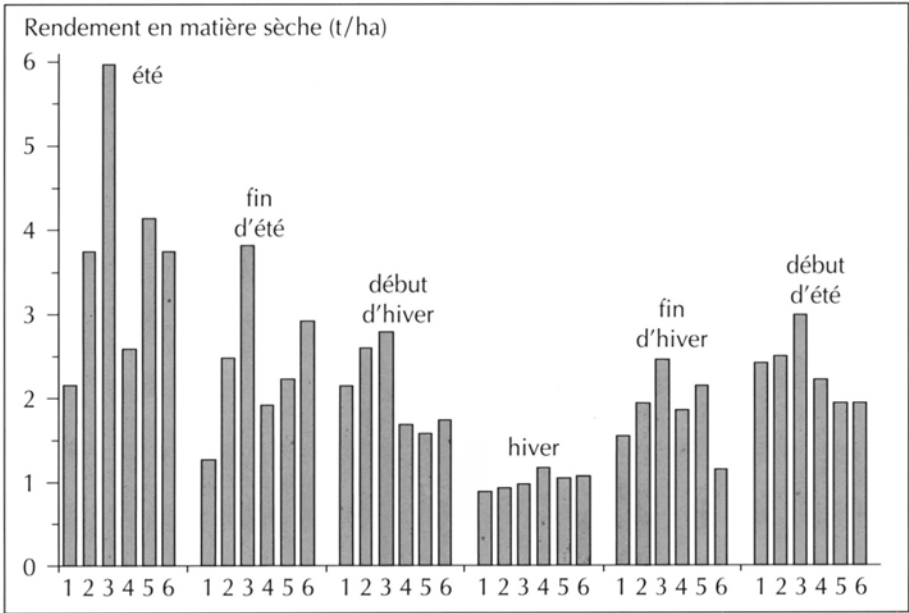


Figure 6. Rendement moyen en tonnes de matière sèche à l'hectare de *Brachiaria ruziziensis* (1), *B. decumbens* (2), *B. humidicola* (3), *Panicum maximum* cultivars T58 (4) et C1 (5) et *Setaria anceps* cultivar Narok (6), coupés à 30 jours de repousse.

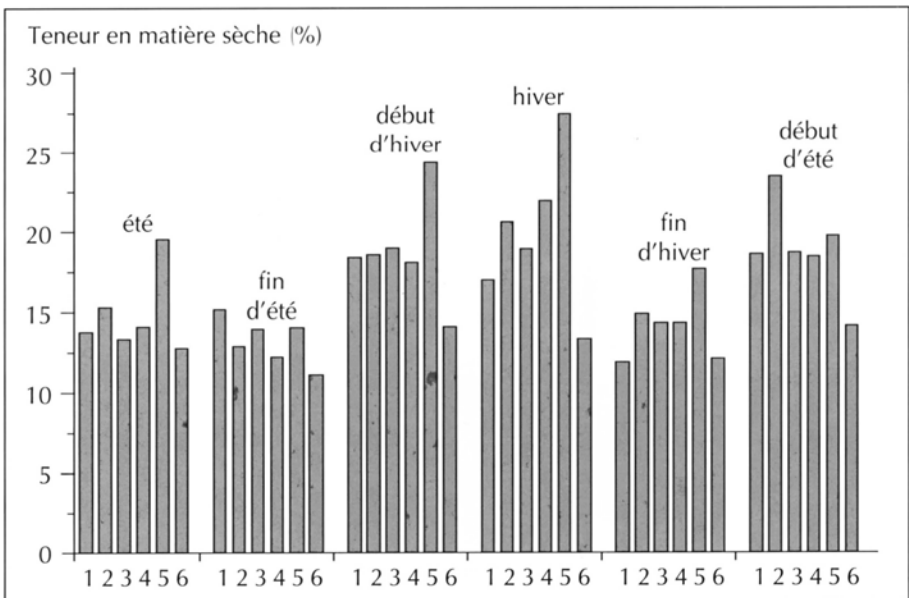


Figure 7. Teneur en matière sèche de *Brachiaria ruziziensis* (1), *B. decumbens* (2), *B. humidicola* (3), *Panicum maximum* cultivars T58 (4) et C1 (5) et *Setaria anceps* cultivar Narok (6), coupés à 30 jours de repousse.

dement soit un peu plus faible et sa teneur en matière sèche, un peu plus élevée. De ces trois *Brachiaria*, *B. ruziziensis* est certainement le mieux apprécié par les animaux mais, de ce fait, le plus fragile.

Panicum maximum cultivar C1 pourrait être utilisé sur la côte est pour produire du foin. Cette espèce, sélectionnée en Afrique par le Cirad et l'Ird (Institut de recherche pour le développement, anciennement Orstom), est de la même famille que le fatak, bien connu à la Réunion. Elle est cependant plus petite, avec des feuilles fines, et sa teneur en matière sèche à 30 jours de repousse est toujours la plus élevée, entre 14 % et 27 % selon la saison. Il est difficile de se procurer des semences pour l'instant.

La valeur alimentaire des fourrages tropicaux est nettement plus faible à un stade plus jeune que celle des graminées tempérées. Comme pour ces dernières, elle chute généralement à partir du 30^e jour de repousse, cette chute est plus marquée en saison chaude qu'en saison froide. Il faut donc exploiter ces espèces au stade jeune et trouver un équilibre entre production de matière sèche et valeur alimentaire. La production de matière sèche évolue du simple au double entre 30 jours et 45 jours de repousse (figure 8). La solution est donc intermédiaire, avec une exploitation du fourrage vers 30-35 jours de repousse ; à la Guadeloupe l'Inra recommande 21-28 jours. Au-delà de 40 jours des phénomènes de floraison et de sénescence des feuilles interviennent, avec, pour les espèces tropicales étudiées, un pic de floraison en mai correspondant au raccourcissement des jours à la Réunion.

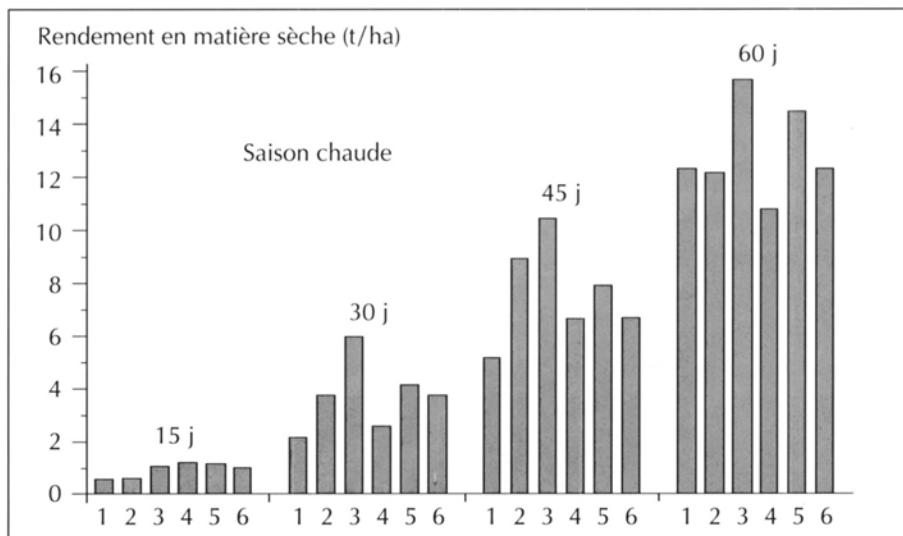


Figure 8. Dynamique de croissance en tonnes de matière sèche à l'hectare de *Brachiaria ruziziensis* (1), *B. decumbens* (2), *B. humidicola* (3), *Panicum maximum* cultivars T58 (4) et C1 (5) et *Setaria anceps* cultivar Narok (6), coupés à 15, 30, 45 et 60 jours de repousse.

Les légumineuses

Dès 1963, l'Irat a entrepris l'étude de légumineuses tropicales en collection de comportement. L'intérêt des *Stylosanthes* et des *Desmodium* a alors été démontré. En zone de haute altitude, à 1 500 mètres, une collection a été installée en 1971 à Carreau-Alfred dans les Hauts de l'Ouest sur un sol très acide (pH = 3,8). Les légumineuses d'origine européenne ont rapidement prouvé leur supériorité par rapport aux légumineuses tropicales, qui disparaissaient. Par la suite, de nouvelles introductions d'origine tempérée et tropicale ont été réalisées pour rechercher des espèces adaptées aux différentes zones climatiques de l'île. En zone littorale, quatre années d'expérimentation ont permis de retenir deux légumineuses tropicales : *Stylosanthes guyanensis* et *Desmodium intortum*.

S. guyanensis se caractérise par une production annuelle de l'ordre de 10 tonnes de matière sèche par hectare, une repousse difficile en cas d'exploitation tardive, une floraison abondante au début de l'hiver, d'où une croissance fortement ralentie, et une forte teneur en éléments minéraux, notamment en calcium (1,37 % de la matière sèche).

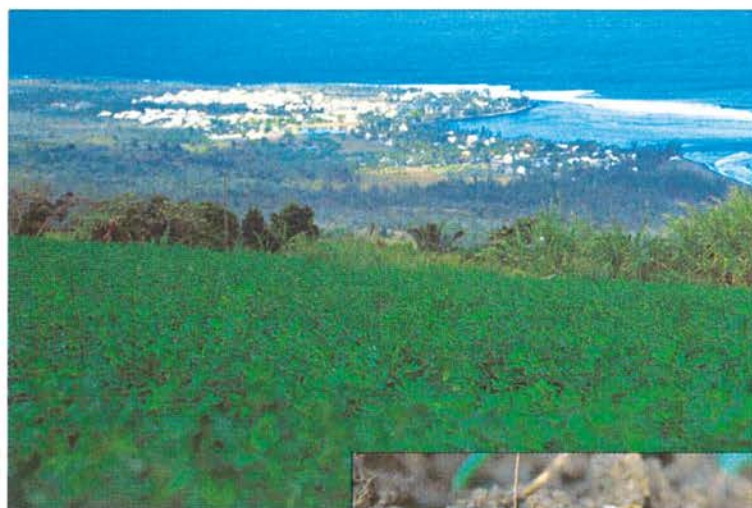
D. intortum a une production annuelle de l'ordre de 13 tonnes de matière sèche par hectare, une production sous irrigation de 17 tonnes de matière sèche par hectare en 10 coupes par an, une très bonne régularité de production dans l'année mais une longévité de deux ans.

Entre 1974 et 1977, deux légumineuses tempérées ont été testées en zone d'altitude moyenne, à 800 mètres à Colimaçons, avec des doses croissantes de calcaire corallien (3, 6 et 9 tonnes par hectare) : le cultivar Mireille de luzerne, qui produit de 12 à 13 tonnes de matière sèche par hectare et par an en 8 ou 9 coupes, et la variété Tinaroo de glycine, *Neonotonia wightii*, qui produit de 5 à 6 tonnes de matière sèche par hectare et par an en 3 ou 4 coupes (MICHELLON, 1982). La luzerne, mieux adaptée, est la plus intéressante bien qu'elle doive être inoculée au semis et que sa longévité soit d'environ trois ans en exploitation intensive. Le Cirad a continué de s'intéresser à la luzerne et, en 1991, des essais sur l'utilisation de la luzerne sous forme de foin humide enrubbanné (50 à 60 % de matière sèche) ont été mis en place aux Avirons sur une parcelle de 1 hectare située à 300 mètres d'altitude et appartenant à H. Fort (MANDRET, 1994b). L'objectif était de remplacer la production de foin de chloris, souvent à faible valeur alimentaire du fait d'une récolte tardive, par une légumineuse à forte valeur fourragère, mais difficile à récolter sous forme de foin sec. Ces essais se sont déroulés sur trois ans avec les cultivars Europe et Medelfa dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique et minérale. Ils ont permis de confirmer la supériorité du cultivar Europe en irrigué, avec une production de matière sèche supérieure de 43 % à celle de Medelfa. Dans ces conditions, le rendement fourrager en première année d'exploitation avoisine les 9 tonnes de matière sèche à l'hectare, puis culmine en deuxième année à 12 tonnes, pour décroître à 10 tonnes en troisième année. Sans traitement herbicide antigraminéen, l'envahissement par les adventices est général en qua-

trième année. Les cycles de repousse doivent être de 45 jours en saison chaude et de 60 à 70 jours en saison froide (MANDRET, 1994b). L'effet de la saison se retrouve pour la luzerne comme pour les autres plantes fourragères testées à la Réunion. La saison chaude se traduit par une baisse de qualité de la matière sèche due à une dilution plus forte des éléments N, P, K, Zn et Cu. Ces essais ont permis de constater qu'on pouvait produire par la technique de l'enrubannage un très bon foin humide de luzerne. Compte tenu de la valeur de ce produit, 1 kilo de matière sèche devrait permettre de produire 2,2 ou 2,3 litres de lait par jour contre 1,5 ou 1,6 litre pour un foin de chloris de bonne qualité.

Des légumineuses ont été testées, en culture pure ou en association avec la fétuque ou le chloris, d'abord par l'Irat en 1980 sur une parcelle de A. Barrau dans les Hauts de Mencil puis par le Cirad-Elevage en 1989 : *D. intortum*, *D. uncinatum*, *S. guianensis*, *Macroptilium atropurpureum*, *Pueraria javanica*, *Crotalaria anagyroides*, *Alysicarpus vaginalis* (PICHOT et PHILOTE, 1982 ; BIGOT et FONTAINE, 1991b). Les semences de près de 70 espèces, variétés ou souches de légumineuses pérennes, herbacées et arbustives du Cipea (Centre international pour l'élevage en Afrique, d'Addis-Ababa en Ethiopie) ainsi que les inoculum correspondants ont été introduits à la Réunion à la fin de 1988 et réparties suivant leurs caractéristiques et leur intérêt présumé dans trois sites ou collections de l'île : Saint-Pierre à 140 mètres d'altitude dans le sud, Bassin La Paix (Scap) à 250 mètres d'altitude dans l'est, Petite-France à 1 300 mètres d'altitude dans l'ouest. L'objectif de ces introductions était d'opérer un premier tri dans une large gamme d'espèces, herbacées comme arbustives, pour en dégager celles qui présentaient un comportement particulièrement bien adapté aux conditions locales de sol et de climat. Après une année de fonctionnement, ce sont principalement des légumineuses tropicales de basse à moyenne altitudes qui ont été identifiées comme prometteuses dans les collections de Saint-Pierre et de Bassin La Paix. Avec des productions de 20 à 30 tonnes de matière sèche par hectare et par an, les meilleures légumineuses arbustives sont *Codariocalyx gyroides* (sud et est), *Gliricidia sepium* (sud et est), *D. cinereum* (sud et est), *D. distortum* (est seulement) et *Cajanus cajan* (sud seulement). Pour les légumineuses herbacées, des productions de 9 à 15 tonnes sont obtenues avec *D. sandwicense* (sud seulement), *S. guyanensis* (sud et est), *Pueraria phaseoloides* (sud et est), *Calopogonium caeruleum* (sud), *Macrotyloma axillare* (sud seulement), *Centrosema macrocarpum* (sud et est) et *Neonotonia wightii* (sud et est). Parmi ces espèces, six semblent aussi intéressantes à des altitudes plus élevées, vers 1 300 mètres : *Aeschynomene abyssinica* (arbustive), *Cajanus cajan* (arbustive), *Chamaecytisus palmensis* (arbustive arborescente), *Codariocalyx gyroides* (arbustive), *Lotononis bainesii* (herbacée), *Neonotonia wightii* (herbacée).

Les légumineuses fourragères sont encore peu présentes à la Réunion en raison du développement relativement récent de l'élevage, des conditions pédoclimatiques qui ne leur sont pas toujours favorables, surtout dans les Hauts, et d'une conduite plus contraignante que celle des graminées. Pourtant leur intérêt est connu et leurs possibilités d'utilisation sont multiples et variées. Les travaux



Champ de luzerne et nodosités fixatrices d'azote sur les racines, aux Avirons, à 300 mètres d'altitude (photo G. Mandret).



menés par le Cirad en collaboration avec l'Onf, Office national des forêts, par exemple, ont démontré l'intérêt des haies fourragères arbustives pour la protection contre l'érosion (PERRET *et al.*, 1997), mais aussi pour l'alimentation des animaux dans des systèmes où l'animal peut être l'une des clés de la valorisation : consommateur indispensable du fourrage produit, producteur de fumier pour les cultures et source de trésorerie (MANDRET et TASSIN, 1996). Dès 1992, le Cirad-Elevage a donc entrepris des recherches sur *Calliandra calothyrsus*, espèce fourragère arbustive dont l'intérêt s'est accru avec la destruction des haies de *Leucaena leucocephala* par le psylle *Heteropsylla cubana*. Originaire d'Amérique centrale, cet arbuste s'acclimata parfaitement aux conditions pédoclimatiques des Hauts de la Réunion. Trois provenances de *C. calothyrsus* — Piedades et San-Ramon, du Costa Rica, et Kanyosha, du Burundi — ont été testées en haies avec trois hauteurs de coupe : 30, 50 et 70 centimètres. Les relevés ont porté pour chacune de ces provenances sur l'importance de la ramification (nombre de tiges par pied, nombre de bourgeons par tige), d'une part, et sur la production de matière sèche foliaire, d'autre part. Dans le même temps, un essai en banque fourragère a été conduit sur trois autres provenances de *C. calothyrsus* — Suchitepequez, du Guatemala, Kanyosha, du

Burundi, et Moroni, des Comores — afin d'obtenir des références sur l'écartement à préconiser pour ce type d'aménagement. Le dispositif utilisé était un plan factoriel pour lequel deux écartements ont été testés : 70 et 100 centimètres. Pour des raisons pratiques il n'a pas été envisagé de travailler sur des écartements inférieurs à 70 centimètres. Plusieurs rations à base de *C. calothyrsus* ont aussi été testées sur une exploitation de polyculture-élevage possédant des cultures maraîchères, vivrières et fruitières ainsi qu'un troupeau caprin d'une centaine de têtes (croisés Boer-Pays) chez M. Pougary à Trois-Bassins. Les résultats font apparaître que la provenance San-Ramon assure une production de matière foliaire significativement plus élevée (au seuil de 5 % ; tableau 4) et que l'écartement entre les pieds ne doit pas être supérieur à 70 centimètres. Sur andosol, une fumure phospho-potassique accélère la croissance des plants : on observe un effet positif et significatif ($p < 0,01$) sur l'élongation des tiges (+ 25 %). La production de matière sèche foliaire ne laisse pas apparaître de différences significatives au seuil de 5 % pour les trois hauteurs de coupe pratiquées, sauf pour la provenance Piedades, dont la production avec la coupe la plus basse, à 30 centimètres, reste significativement la plus élevée. Enfin, l'âge de repousse de *C. calothyrsus* influe grandement sur son ingestion et sur la valeur alimentaire de sa partie consommable (tableau 5).

Le fait d'être passé de 57 % à 62,5 % de *C. calothyrsus* dans la ration traditionnelle a permis d'augmenter l'ingestion de ce fourrage de 50 % de l'ingéré total à 71 %, sans dépasser ce taux quand on augmente l'apport de *C. calothyrsus*. Il semble donc que l'optimum d'une ration à base de *C. calothyrsus* soit obtenu avec 60 % de ce fourrage dans une ration traditionnelle composée de canne fourragère et de concentré C20 à base de maïs, soja, coques de tournesol, mélasse et composé minéral vitaminé. *C. calothyrsus* est presque totalement consommé par les bovins et les caprins jusqu'à 3 mois de repousse, les refus n'étant constitués que par les tiges effeuillées d'un diamètre supérieur à 6 millimètres. En dessous de ce diamètre, la tige est entièrement ingérée (MANDRET et TASSIN, 1996). Les teneurs en tannins enregistrées à la Réunion (tableau 6) sont faibles par rapport à celles qui sont obtenues en Australie sur

Tableau 4. Ramification et production d'une haie de *Calliandra calothyrsus* âgée de 1 an et rabattue à 50 centimètres.

Provenances	Nombre de tiges par pied	Nombre de bourgeons par tige	Nombre de bourgeons par pied	Teneur en matière sèche foliaire (g/m linéaire de plantation)
San-Ramon (Costa Rica)	2,7	6,8	18,4	1 780
Kanyosha (Burundi)	1,7	8,0	13,6	1 290
Piedades (Costa Rica)	2,0	6,7	13,4	1 090

Tableau 5. Parties consommables et valeur fourragère de *Calliandra calothyrsus*.

Age de repousse	3 mois	6 mois	1 an
Rapport feuilles/tiges	3,08	1,14	0,92
Proportion feuilles/plant (%)	75,50	53,10	48,10
Proportion écorce/plant (%)	3,60	6,90	8,10
Proportion tiges < 6 mm/plant (%)	7,80	7,60	6,40
Proportion matière sèche du consommable/plant (%)	86,90	68,00	62,60
Cendres du consommable ¹ (% MS)	5,28	6,43	6,33
Matière azotée totale du consommable ¹ (% MS)	21,93	20,56	18,73
Cellulose brute du consommable ¹ (% MS)	16,93	22,84	21,41
Teneur en fibres du consommable ¹ (% MS)	60,68	50,37	48,76
Digestibilité de la matière organique (Aufrère) du consommable ¹ (% MO)	60,63	49,37	47,94
Tannins dans le consommable ¹ (% MS)	0,69	2,11	2,09

1. Calculés en fonction des pourcentages d'organes consommables à partir des résultats d'analyses réalisées au Cirad.

Tableau 6. Teneurs en tannins précipitants de *Calliandra calothyrsus* (en % de matière sèche).

Age de repousse	3 mois		6 mois		1 an	
	écorce	feuilles	écorce	feuilles	écorce	feuilles
Tannins précipitants	0,49	0,73	0,63	2,53	0,76	2,49

Haie fourragère
à *Calliandra*
calothyrsus
en association
avec le maïs,
à Trois-Bassins,
à 600 mètres
d'altitude
(photo J. Tassin).



cette plante mais cela est très certainement dû à des techniques d'analyse différentes (11 % de tannins condensés dans les feuilles, ANH *et al.*, 1989). Ces résultats incitent à préconiser une fauche à 3 mois de repousse. Au-delà, le rapport feuilles-tiges est faible, la matière organique digestible chute du fait de la lignification des tiges et les teneurs en tannins triplent dans les feuilles. De plus, les teneurs en matières azotées évoluent peu après 3 mois de repousse (MANDRET et TASSIN, 1996).

Les céréales

Le maïs

La recherche de fourrages destinés au stockage en vue de régulariser la production laitière et d'améliorer la productivité, par animal et par unité de surface, a conduit le Cirad-Elevage à orienter ses travaux vers le maïs fourrager pour l'ensilage. A la Réunion, la culture du maïs est traditionnelle mais peu intensifiée. Pourtant, dans la zone située à moins de 800 mètres, les agriculteurs qui pratiquent l'association agriculture-élevage (engraissement) sont directement concernés par l'ensilage de maïs. Dans cette zone, la contrainte agronomique est la résistance aux viroses et la contrainte économique, les temps de travaux.

Les premiers essais mis en place par le Cirad-Elevage en 1990 aux Lianes, à 510 mètres d'altitude, et à la Plaine des Cafres, au Piton Doret, à 1 600 mètres, ont abouti à la conclusion que les accidents climatiques — coups de vent dans les Bas, cyclones et gel dans les Hauts — limitaient l'intérêt du maïs fourrager (BRUNSCHWIG, 1991e). Sa production dans les Bas reste cependant prometteuse, de l'ordre de 10 à 12 tonnes de matière sèche par hectare en quatre mois, avec des variétés locales comme Irat 143 et Révolution. Dans les Hauts, les variétés utilisées, trop tardives, donnent alors des résultats peu satisfaisants.

Par la suite, de nombreux essais variétaux ont été installés à différentes altitudes, à la Plaine des Cafres (Coin-Tranquille, à 1 500 mètres, et Piton Doret, à 1 600 mètres) et à la Plaine des Palmistes (à 1 100 mètres). Ils ont permis d'étudier la densité de plantation, la vigueur au départ, les dates de floraison, la hauteur des plants, la position de l'épi sur la tige et la verse (MANDRET *et al.*, 1992b). Par rapport aux variétés tropicales et aux variétés tempérées tardives, les variétés tempérées précoces, comme la variété Hiro, donnent de meilleurs résultats en altitude tant pour la vigueur de départ, la résistance à la verse, l'aptitude à la fructification et le rendement en grains que pour la teneur en matière sèche dont l'évolution rapide limite la période de culture. Les variétés de taille réduite dont l'épi est inséré assez bas sur la tige résistent mieux à la verse. Des rendements de 12 tonnes de matière sèche à l'hectare sont alors obtenus en altitude, avec des teneurs en matière sèche à la récolte qui peuvent atteindre 36 %, même si elles sont généralement inférieures à 30 % (MANDRET *et al.*, 1992b).



*Champ de maïs fourrager
et récolte à la Plaine
des Palmistes
et à la Plaine des Cafres,
à 1 100 mètres d'altitude
(photos G. Mandret).*



Parallèlement, des essais de semis direct avec un petit semoir à deux rangs, conçu par le Cirad, ont prouvé l'intérêt de cette technique : elle limite les risques d'érosion et assure le semis quelles que soient les conditions météorologiques. Par ailleurs, le semis direct laisse espérer une réduction des coûts de production, qui varient de 2,50 francs à 1,34 franc par unité fourragère. Mais le prix des semences importées des variétés tempérées ayant doublé en 1994, l'intérêt économique du maïs s'est trouvé réduit. La solution résidait donc dans la création de variétés adaptées, résistantes aux viroses dans les Bas et aux maladies cryptogamiques dans les Hauts, dont on puisse produire les semences à bas prix à la Réunion.

Les travaux menés par le Cirad dans le cadre du programme international sur les viroses ont permis de promouvoir la culture intensive du maïs fourrager pour l'ensilage. La création de variétés à pollinisation ouverte, résistantes aux maladies, a débouché sur la production locale des cultivars, dont les semences sont peu coûteuses. Ainsi, les variétés Cirad 412 et Cirad 413 sont appelées à remplacer, en zone cannière, l'hybride précoce Irat 143 et la variété Révolution, et la variété Cirad 415, résistante à la rouille et à l'hel-

minthosporiose, est sélectionnée pour les Hauts. Grâce à l'acquisition par l'Union des Afp de semoirs spécialisés à quatre rangs pour le semis direct, des essais ont été menés entre 1996 et 1999 sur 40 hectares. Ils ont permis de choisir trois hybrides tropicaux d'Afrique australe qui produisent de 14 à 20 tonnes de matière sèche par hectare et par an, selon l'altitude. L'Union des Afp a vendu 1,5 tonne de ces semences de maïs fourrager en 1996-1997, mais le Syndicat réunionnais des producteurs de semences devrait assurer prochainement la production des nouvelles formules hybrides du Cirad (DINTINGER *et al.*, 1997).

Le triticale

Le triticale, céréale hybride entre le blé et le seigle, a été introduit à la Réunion en 1992 par le Cirad-Elevage. Des essais ont été mis en place jusqu'en 1994 à des altitudes supérieures à 1 100 mètres (MANDRET et LATCHIMY, 1994). Ils visaient à optimiser le semis (choix de la date avec des semis tous les 20 jours entre avril et septembre), la dose (30, 60, 90 et 120 kilos par hectare) et la fumure (0 N, 30 N, 60 N et 90 N). Ils devaient aussi permettre de choisir parmi les variétés Central, Clercal, Domital, Inra T519, Inra 2.10.2, Inra 48.3, Magistral et Trick. Le triticale s'accommode de tous les types de sol avec une production de matière verte, hors épi, supérieure à celle du blé. Tolérant aux excès d'eau comme à la sécheresse, il fait preuve d'une forte rusticité. Les premiers essais effectués en 1992, à la Plaine des Cafres sur une parcelle de 2 hectares appartenant à M. Morel, ont permis de constater la forte résistance du triticale à l'hiver sec et très froid qui a sévi cette année-là. Ils ont démontré que l'utilisation en ensilage du triticale, dont le coût des semences est minime (11 francs le kilo), en fait une culture d'hiver très intéressante pour les terres d'altitude. Les rendements atteignent 15 tonnes de matière sèche à l'hectare avec une valeur alimentaire proche de celle du blé et une teneur des grains en lysine, un acide aminé essentiel, supérieure de 25 % à celle du blé. A partir de 1993, d'autres essais ont été mis en place à la Plaine des Palmistes (1 100 mètres d'altitude, pluviométrie supérieure à 3 000 millimètres), l'un chez P. Marianne sur une parcelle de 1 hectare, l'autre chez F. Robert sur des parcelles de 20 mètres carrés, avec trois répétitions.

L'effet de la date de semis sur la densité à la levée est significatif ($p < 0,001$) et semble lié aux basses températures. Les semis effectués en juin et en juillet assurent les meilleures levées, en particulier pour Domital, qui est une variété d'hiver en métropole et dont le pic de levée à la Réunion correspond à un semis de juillet, c'est-à-dire aux températures les plus basses de l'année. La densité mesurée 3 mois après le semis, en nombre de plants par mètre carré, varie de façon significative en fonction de la dose au semis ($p < 0,001$). Cette densité augmente avec la dose au semis, sauf pour la variété Magistral, dont la densité régresse au-dessus de 90 kilos par hectare au semis. Cette régression



Champ de triticale et démonstration pour la confection d'ensilage à la Plaine des Cafres, au Coin-Tranquille à 1 200 mètres (photos P. Hassoun, G. Mandret).



peut s'expliquer par le fait que Magistral a tendance à taller plus que les autres variétés et qu'une forte densité au semis entraîne un phénomène de compétition entre les plants. La date de semis n'a pas d'effet direct sur le nombre de talles émises, qui est corrélé avec l'âge de la plante ($r = 0,8$). Quelle que soit la variété, le début du tallage intervient au moment où le maître-brin atteint 4 feuilles. La date de semis a un effet significatif sur le rendement ($p < 0,001$). Les semis précoces, en avril et en mai, assurent les productions les plus élevées, tandis que les semis tardifs, à partir de juin, aboutissent à une chute des rendements de 54 % en moyenne, malgré la forte densité observée à la levée. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que des semis précoces permettent au triticale de poursuivre son développement physiologique sur une plus longue période, donc avec l'émission d'un plus grand nombre de talles et d'épis. On enregistre 56 % d'épis en moins pour les semis réalisés après le mois de mai (MANDRET et LATCHIMY, 1994). La pluviosité ne semble pas avoir d'influence sur les rendements par rapport aux dates de semis. Toutefois, le triticale étant allogame, les fortes pluies enregistrées au moment de la floraison pour les semis tardifs gênent la fécondation et entraînent la formation de nombreux grains vides.

Les variétés Domital et Clercal, trop tardives, se révèlent inadaptées aux conditions climatiques de l'île. Les variétés Central, Magistral et Inra 48.3 expriment, en revanche, des potentialités élevées, avec un effet significatif de la dose au semis sur les rendements ($p < 0,001$). La densité de plants à l'hectare est significativement plus élevée avec 30 unités d'azote, ce qui confirme la rusticité du triticale (460 000 plants par hectare). Deux variétés peuvent être recommandées à la Réunion : Central et Magistral. En culture pure, la variété Central, à raison de 90 kilos de semences à l'hectare avec 30 unités d'azote par hectare, assure à la levée une meilleure couverture au sol, ce qui limite l'impact des adventices, et donne les rendements les plus élevés : 15 tonnes de matière sèche par hectare à la Plaine des Cafres et 12 tonnes, à la Plaine des Palmistes. En culture pure également, la variété Magistral, avec 60 kilos de semences au semis, produit un peu moins que Central (5 % en moins) mais elle présente une meilleure digestibilité — la digestibilité de sa matière organique est de 66,8 % contre 61,7 % pour Central. La variété Magistral, à raison de 30 kilos par hectare au semis, favorise le développement d'une autre plante à croissance lente. Les suivis effectués sur une fétuque semée sous couvert de triticale montrent qu'il ne faut pas dépasser cette dose, qui, par ailleurs, donne les meilleurs rendements en association.

Le triticale en semis sous couvert a besoin de 2 600 °C (somme des températures moyennes journalières) entre le semis et la récolte pour un ensilage au stade laiteux-pâteux, dont 600 °C pour la période épiaison-récolte (MANDRET et LATCHIMY, 1994). Plus on mettra de temps à obtenir cette somme des températures moyennes, meilleurs seront les rendements. Cela implique un cycle de 5,5 mois pour la Plaine des Palmistes et de 6 mois pour la Plaine des Cafres, ce qui peut paraître long. Il faut cependant tenir compte du fait que le triticale est une culture d'hiver, donc de période improductive, qui permet un resemis de prairie avant la période cyclonique.

Les autres réserves fourragères

Les bromes

Plusieurs espèces de brome ont fait l'objet d'expérimentations à Petite-France : *Bromus catharticus*, le brome cathartique, variétés Bellegarde et Delta, *B. sitchensis*, variété Lubro, et *B. carinus*, variété Luval (MICHELLON et RASSABY, 1984a). Ces variétés, étudiées par l'Irat avec deux niveaux de fertilisation, ont des rendements inférieurs à ceux de la houlque laineuse dans les mêmes conditions, quelle que soit la fertilisation. Après avoir produit 6 tonnes de matière sèche par hectare et par an les deux premières années, leur production a chuté de moitié la troisième année. Le brome possède un enracinement puissant et de grosses talles, généralement peu nombreuses (ACTA, 1988). Cette

espèce est très alternative et très remontante : elle monte en épis à chaque pousse. Son installation est aisée et rapide, comme celle du ray-grass d'Italie. Son exploitation se fait principalement en fauche, mais le brome peut également être pâturé, car il est apprécié, sauf en sols peu portants (ACTA, 1988). Riche en glucides solubles, il est tout à fait adapté à l'ensilage. En 1994 et 1995, il a été réintroduit par la Sicalait pour vulgariser son emploi en vert ou en ensilage.

Les crucifères fourragères

L'Irat a étudié, de 1983 à 1984, de nombreuses crucifères fourragères à Petite-France : le chou fourrager moellier, demi-moellier et feuillu, variétés Condor, Giganta, Moblanc, Mixti, Proteor, Elevator, Pastour, Sarbo, Miljo, Primevert, Cavalier vert ; le colza fourrager, variété Kentan ; le chou navet, variétés D'Aubigny, Rutabaga à collet vert et Rutabaga Champion à collet rouge ; le radis fourrager, variétés Clovis, Japanese local Sakurajima, Japanese Novitgedacht, Siletina (MICHELLON et RASSABY, 1984b). Dans les conditions difficiles des Hauts en saison froide, les crucifères peuvent avoir leur place bien que la présence de composés soufrés antinutritionnels limite leur utilisation : les meilleures variétés — Proteor, Kentan, D'Aubigny et Clovis — produisent 6 tonnes de matière sèche par hectare et par an, en moyenne. Le radis fourrager et le colza doivent être réservés à une exploitation précoce, en juillet et en août, en raison de leur floraison précoce. Le chou fourrager offre une plus grande souplesse d'exploitation, contrairement au chou navet, qui perd ses feuilles à la suite d'une carence en bore, fréquente dans les Hauts sur ce fourrage.

L'avoine et le phalaris

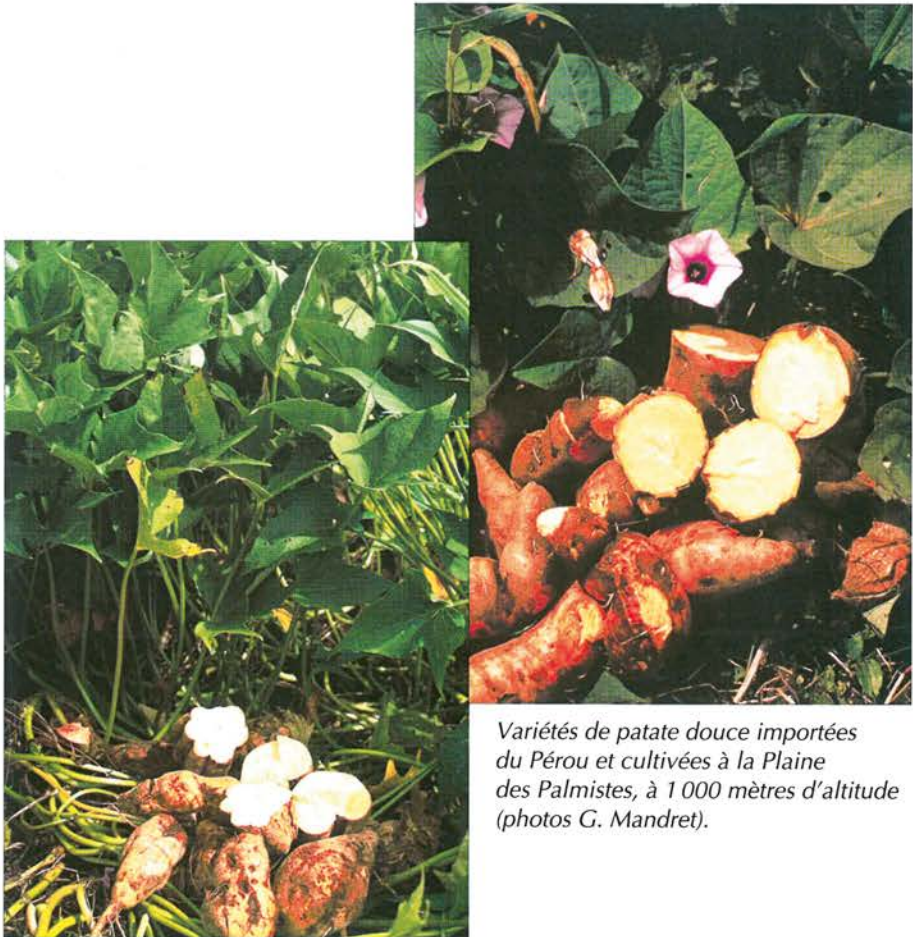
Plusieurs variétés d'avoine ont aussi été testées par l'Irat, en même temps que les crucifères, sur le site de Petite-France : Amandine, Prieuré, Crin Noir, Emeline, Joker, Maris Ouest, Peniarth, Alfred, Caravelle, Gambo, Pérona, Sirène. L'avoine présente de fortes potentialités de production à la Réunion, de l'ordre de 7 à 10 tonnes de matière sèche par hectare et par an, malgré sa sensibilité aux conditions de fertilité du sol. Son rendement chute de moitié lorsque le pH passe de 5,0 à 4,5 (MICHELLON et RASSABY, 1985c).

Des essais sur la graminée *Phalaris aquatica* ont été entrepris de 1984 à 1985 avec les variétés Australian, Seed Master, Sirolan et Sirosa (MICHELLON et RASSABY, 1985d), puis avec la variété Sirolan (BIGOT et FONTAINE, 1991a). Sirolan est la variété qui possède les teneurs les plus basses en thryptamine, un alcaloïde ; son rendement est élevé de l'ordre de 11 tonnes de matière sèche par hectare et par an avec 400 unités d'azote. Cependant, BIGOT et FONTAINE (1991a) déconseillent ce fourrage car ils ont observé un comportement anormal chez les animaux qui le pâturent (excitation et bris de clôture).

La patate douce

La patate douce, dont l'aire écologique est à l'image de sa diversité génétique, puisqu'on la trouve du 35^e parallèle nord au 35^e parallèle sud et du niveau de la mer à 3 000 mètres d'altitude, a fait l'objet depuis longtemps de croisements et sélections. On trouve au sein de l'espèce un grand nombre de cultivars qui diffèrent tant par la couleur, la taille et la forme des tubercules, que par les dimensions et la forme des feuilles. La variabilité y est bien plus importante que chez la pomme de terre ce qui laisse supposer que des gains importants de productivité peuvent être obtenus par la sélection.

La patate douce est cultivée à la Réunion dans des zones de basse et moyenne altitude. Les variétés présentes sur l'île ne sont guère adaptées aux Hauts, dont l'altitude est supérieure à 1 000 mètres, du fait de leur cycle de culture trop long, de leur faible résistance au froid et de leur productivité réduite à cette



Variétés de patate douce importées du Pérou et cultivées à la Plaine des Palmistes, à 1 000 mètres d'altitude (photos G. Mandret).

altitude. C'est pourquoi, l'intérêt de la patate douce pour l'alimentation des vaches laitières ayant été démontré et la majorité des élevages laitiers se situant au-dessus de 1 000 mètres (BRUNSCHWIG et FONTAINE, 1991), 12 variétés d'altitude ont été introduites du Pérou, sous forme de vitroplants indemnes de virus (MANDRET *et al.*, 1995a). Elles ont été étudiées en milieu contrôlé, en laboratoire à Saint-Pierre, puis à la Plaine des Palmistes sur des parcelles de F. Robert (30 mètres carrés par variété à une densité de 50 000 plants par hectare).

La meilleure croissance est obtenue avec des températures moyennes journalières de l'ordre de 24 °C et de forts ensoleillements ; en dessous de 10 °C la croissance est considérablement ralentie. La pluviosité optimale se situe entre 750 à 1 000 millimètres par an, mais des pluviosités plus fortes ne sont pas pénalisantes si les sols sont drainants. A la Réunion ces conditions sont réunies entre novembre et avril. La patate douce préfère des sols bien drainés et acides (pH 4,5 à 6,5), riches en matière organique, les andosols lui conviennent bien mais des teneurs excessives en aluminium peuvent entraîner la mort de la plante dans les six semaines qui suivent sa plantation. Ce risque existe à la Réunion sur les andosols dont le pH est inférieur à 5, d'où la nécessité de chauler. La floraison et la tubérisation de la patate douce sont favorisées par le raccourcissement des jours. Il est donc important, à la Réunion, que la phase de croissance intervienne avant le raccourcissement des jours, qui se situe vers le mois de mars. Ainsi, une implantation au mois de novembre permet d'obtenir des rendements de 2 à 6 fois supérieurs, selon la variété, à ceux qui sont obtenus avec une implantation en février à 1 050 mètres d'altitude (tableau 7).

Tableau 7. Production en tonnes de matière sèche par hectare des parties souterraines et aériennes des différentes variétés de patate douce étudiées à la Réunion en fonction de la date d'implantation à 1 050 mètres d'altitude.

Variété	Implantation du 14/11/94 (8 mois de végétation)			Implantation du 20/02/95 (9 mois de végétation)		
	Tubercules	Lianes	Total	Tubercules	Lianes	Total
CIP187001.1	4,77	2,27	7,04	1,35	3,55	4,90
CIP188001.1	11,83	8,46	20,29	5,02	4,40	9,43
CIP188001.2	7,81	6,10	13,91	3,18	2,71	5,88
CIP188004.2	12,50	4,21	16,71	2,46	2,54	5,00
CIP188004.3	16,06	4,43	20,48	1,90	1,73	3,64
CIP188005.1	10,86	4,07	14,93	5,83	3,99	9,82
CIP400001	5,90	2,23	8,13	3,26	0,57	3,82
CIP440003	3,88	2,12	6,00	4,37	1,89	6,25
CIP440016	1,69	0,86	2,56	1,28	1,75	3,03
CIP440031	3,15	4,16	7,30	1,43	2,45	3,88
CIP440055	5,21	3,70	8,90	1,05	2,62	3,32
CIP440056	7,16	3,78	10,94	2,28	2,25	4,53
Locale	5,28	6,30	11,58	1,97	6,27	8,24

Après quatre ans d'étude, trois variétés ont été sélectionnées pour leur précocité et leur production de tubercules : CIP188001.1, CIP188004.2 et CIP188004.3. Plantées à partir de boutures, au début de la saison chaude, ces variétés peuvent être récoltées après 6 mois car leur production évolue peu passé ce délai. Leur croissance se déroule en trois phases (MANDRET *et al.*, 1995a). La première phase dure deux mois environ et correspond à l'installation rapide du système racinaire (jusqu'à 2 mètres de profondeur parfois) et à l'émergence de nouveaux rameaux feuillus. La deuxième correspond au développement foliaire et à la croissance des lianes, qui commence pendant la première phase et se prolonge jusqu'à 4 mois après la plantation. Le maximum de la croissance foliaire se situe entre le deuxième et le quatrième mois après la plantation et les lianes peuvent alors atteindre 4 mètres de long. La dernière phase de formation puis de grossissement des tubercules débute pendant la deuxième phase, c'est-à-dire dès le troisième mois, et s'étend jusqu'à la récolte.

En fonction de l'altitude, la durée de chacune des phases peut varier. Aux basses altitudes à la Réunion, chacune des phases sera plus courte si aucun stress hydrique n'intervient pendant la première phase de développement ou au début de la troisième. Si tel était le cas, le rendement diminuerait. La plupart du temps la plantation et la récolte sont manuelles à la Réunion. Toutefois, à la suite de tests réalisés à la fin des années 80 avec le Cirad et l'Ede, l'Union des Afp a adapté une planteuse et une récolteuse de pommes de terre pour la mécanisation de la plantation et de la récolte (machines à double rang simplifiées de 1,20 mètre de large).

Conclusion

Le problème du déficit fourrager hivernal avait été identifié par les partenaires de la filière de l'élevage comme l'une des contraintes majeures du développement de l'élevage bovin. L'absence de variétés fourragères performantes avait alors été évoquée et avait donné lieu à de nombreuses introductions d'espèces et de variétés.

Les travaux du Cirad ont permis de cerner le comportement et le potentiel de production de ces plantes à la Réunion. Il est certain que les facultés d'adaptation de ces variétés diffèrent selon les situations — contraintes écologiques, pratiques culturales, rythmes d'exploitation. Toutefois, ces travaux ont surtout montré que le matériel végétal importé à la Réunion avait un potentiel de production tout à fait adapté aux besoins de développement de la filière et que les modes de gestion de ce matériel étaient plus en cause que le matériel lui-même.

De plus, de nouvelles possibilités d'intensification fourragère ont été développées grâce aux maïs fourragers et, dans une moindre mesure, au triticale et à la patate douce. La possibilité de constituer des réserves fourragères à haute

valeur énergétique (cas de l'ensilage de céréales récoltées immatures) est une voie d'avenir, d'autant que de nouvelles variétés de maïs ont été sélectionnées par le Cirad et qu'une production de semences peut être envisagée sur l'île.

La production de foin de chloris s'est beaucoup développée sur l'île mais celle de foin humide enrubanné de luzerne n'a pas encore été mise en œuvre, alors que les résultats obtenus par la recherche sur ce produit sont prometteurs.

Du point de vue agronomique, l'introduction d'espèces fourragères n'apportera pas beaucoup plus aux possibilités d'intensification fourragère dans les Hauts. Elle pourrait être intéressante si la mise en valeur fourragère s'étendait aux Bas, car l'effort de recherche se porterait alors sur des espèces tropicales. Il n'est pas évident qu'une telle option soit prise par la filière.

Le développement de la production fourragère et la maîtrise du déficit hivernal tiennent plus maintenant à des pratiques raisonnées de gestion de cette production qu'à l'introduction de nouvelles espèces, nous le verrons plus loin quand il sera question de la gestion agroécologique des prairies.

L'installation et la fertilisation des parcelles fourragères

Gilles Mandret, Vincent Blanfort,
Jean-Marie Paillat, Vladimir Barbet-Massin,
Olivia Fontaine, Expédit Rivière

Les conditions particulières des Hauts — fortes pentes et sols fragiles — requièrent des recherches spécifiques sur l'utilisation de matériels agricoles adaptés et sur les itinéraires techniques raisonnés. La recherche d'un matériel adapté aux fortes pente pour la mécanisation des exploitations a débouché sur le choix du Moufflon, qui a reçu l'agrément de la Région. Les essais, qui portaient sur le travail du sol et le semis, ont mis en évidence l'intérêt du semis direct, mais aussi du matériel utilisé pour la création des prairies. Des expérimentations sur la régénération des prairies semées et la lutte contre les adventices ont débouché sur des solutions efficaces mais qui ne sont pas toujours faciles à mettre en œuvre. En ce qui concerne la gestion des prairies, des carences minérales ont été identifiées sur les fourrages utilisés à la Réunion. L'étude de l'activité biologique du sol a révélé que celle-ci variait en fonction de l'altitude et de la fertilisation. Des périodes de minéralisation de la matière organique ont été mises en évidence et l'efficacité d'absorption de l'azote par les plantes s'est révélée assez faible. Enfin, une méthode de diagnostic de la fertilité fondé sur la nutrition minérale de la plante a été mise au point.

L'implantation des prairies

Le travail du sol

Après le défrichage mécanique, un travail du sol s'impose afin de créer un lit de semences propice à la levée des graines fourragères (DALLEINE, 1980) et afin

d'aplanir suffisamment la parcelle pour une exploitation adéquate de l'herbe. Face aux difficultés rencontrées dans les Hauts de la Réunion (pente, pierres, type de sol), la simplification du travail du sol a été envisagée. En 1986, plusieurs itinéraires techniques de préparation des sols pour le semis de graminées tempérées ont été testés dans les Hauts de l'Ouest (PAILLAT, 1986a). Deux matériels travaillant superficiellement le sol — un cultivateur léger de type *tiller* et l'Actisol — ont été comparés à des techniques de préparation plus profonde (cultivateur lourd, labour, Paraplow). Les mesures d'enracinement ont été réalisées après 10 mois sur des profils verticaux avec une grille de notation (cadre de 1,10 x 0,45 mètre, maille de 5 x 5 centimètres, note de 0 à 4). Peu de différences sont alors apparues si ce n'est un meilleur enracinement pour le labour dans la zone 0-20 centimètres et, pour les outils de travail profond, dans la zone 20-40 centimètres. Ces résultats ont motivé une étude plus poussée de l'utilité du travail du sol pour améliorer l'enracinement des prairies, l'objectif étant qu'elles résistent alors mieux à la sécheresse. Cependant, un problème spécifique de métrologie des systèmes racinaires s'est posé : la séparation des racines de l'andosol par flottaison, qui permet d'apprécier quantitativement les racines présentes dans les différents horizons de sol, n'est pas possible en raison de la présence de débris végétaux. Seules les techniques de notation visuelle peuvent être utilisées dans ce cas (PERRET et PAILLAT, 1987 ; 1988) : grille de 45 x 45 centimètres avec une maille 5 x 5 centimètres présentée sur profil vertical, carotte prélevée avec un tube à glissière (60 millimètres) pour la notation racinaire (nombre de racine par section verticale de carotte), notation de présence ou d'absence sur section horizontale de cylindres prélevés à différents horizons (pas de 5 centimètres).

Des essais portant sur la comparaison entre un travail profond, entre 13 à 17 centimètres, et un travail superficiel, entre 5 à 9 centimètres, ont été mis en place sur plusieurs espèces prairiales : ray-grass anglais, dactyle, phalaris, féтуque. Les mesures ont été effectuées à différents points de chacune des parcelles. Il ressort de ces essais (figure 9) que les différentes méthodes de mesures des systèmes racinaires sont concordantes. Aucune différence de rendement n'est apparue si ce n'est en première coupe sur du dactyle en faveur du travail superficiel (essai de 1988). De plus, l'enracinement semble plus dense dans l'horizon 0-15 centimètres avec un travail profond en raison du foisonnement de la terre, mais les racines pénètrent plus profondément (horizon 20-40 centimètres) avec un travail superficiel.

Il paraît donc peu utile de travailler l'andosol en profondeur dans l'horizon B pour faire pénétrer les racines (PERRET et PAILLAT, 1988). Le développement racinaire est lié aux conditions hydriques, le travail profond a donc tendance à dessécher le sol. Le travail du sol est cependant nécessaire pour détruire le précédent cultural, affiner le profil cultural et établir le lit de semences. Ce travail devra donc être réalisé à faible profondeur, 10 à 15 centimètres au maximum, avec un pulvériseur à disques lourds et deux passages croisés, en conditions pierreuses, ou avec l'Actisol et un seul passage, en sol profond.

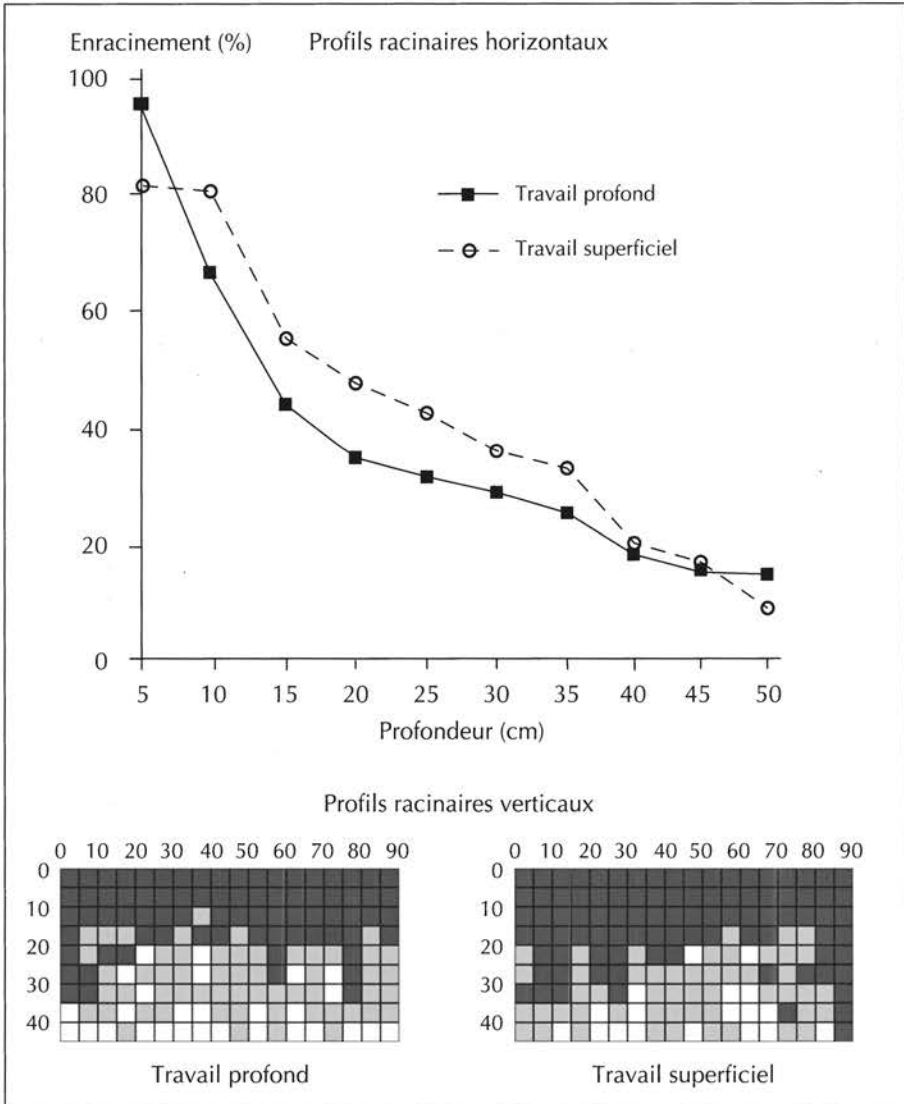


Figure 9. Profils racinaires sur ray-grass anglais, dactyle, phalaris et fétuque après un travail profond et un travail superficiel du sol.

Un tassement énergétique avant et après le semis avec plusieurs passages de rouleau cultipacker est essentiel pour restaurer la conductivité hydrique du sol. Pour réaliser correctement ces travaux, il convient d'intervenir sur des sols en conditions hydriques satisfaisantes, souvent au début ou à la fin de la saison des pluies dans les Hauts de l'Ouest. Un travail en conditions trop sèches, à la fin de la saison sèche, ne permet pas de tasser le lit de semences, les jeunes plantules s'implantent alors difficilement et ne résistent pas.

Le semis et la plantation

La qualité des prairies dépend très largement des conditions d'installation, par semis pour les graminées tempérées ou par bouturage pour le kikuyu. La confection d'un lit de semences suffisamment affiné et tassé est primordial, d'autant plus que les graines sont petites. A la Réunion, la technique la plus couramment employée était le semis à la volée, avec un semoir centrifuge Vicon. Afin d'améliorer la qualité des semis et de réduire les temps de travaux, deux autres matériels ont été comparés lors de plusieurs essais : le semoir à sabots Nodet-Gougis et le semoir sur rouleau cultipacker Rollosem GN73-25 Gourdin-Souplex (PAILLAT, 1986a ; 1987a).

Aucune différence de rendement (10 prélèvements par parcelle pour chacune des trois coupes mesurées) n'a été observée entre ces trois matériels. Sur le plan de la qualité de l'implantation, les essais avec le ray-grass hybride ont mis en évidence les points suivants (tableau 8). L'épandeur centrifuge répartit mal les graines — la variabilité d'épandage est de 31 % — et requiert une dose de semences élevée, 66 kilos par hectare, car la germination au champ est faible, les graines n'étant pas recouvertes. Le semoir sur rouleau cultipacker donne les meilleurs résultats de levée au champ avec une dose de semences modérée, de 29 kilos par hectare. Le semoir à sabots permet de réduire la dose de semis à 24 kilos par hectare car les graines sont placées dans le lit de semences, mais une profondeur de semis excessive peut être un handicap pour les petites graines.

Tableau 8. Qualité d'implantation d'un ray-grass hybride, à la Plaine des Palmistes, avec différents matériels de semis.

Itinéraire	Semoir à sabots + rouleau cultipacker	Rollosem GN73-25	Epandeur centrifuge + rouleau cultipacker
Dose de semis (kg/ha)	24	29	66
Implantation (plantes/m ²)	161 ± 21	319 ± 70	116 ± 36
Coefficient de variabilité (%)	13	22	31

Les coûts des itinéraires pratiqués avec ces différents matériels ont été calculés à partir des temps de travaux enregistrés sur une trentaine d'hectares dans les Hauts de l'Ouest (tableau 9). Dans des conditions de sols soufflés, cas fréquent dans les Hauts, il est nécessaire de prévoir un ou deux passages de rouleau supplémentaires ou un passage de Rollosem supplémentaire précédant le semis. Par rapport à la technique classique, l'utilisation du semoir combiné sur rouleau assure un gain de temps de 20 %, ne nécessite pas de changement d'outils et permet de réaliser une économie de 30 % (PAILLAT, 1987a).



*Actisol et crabe
(photos J.M. Paillat).*



*Rollosem
(photo J.M. Paillat).*

Tableau 9. Temps de travaux et coûts pour différents itinéraires de semis dans les Hauts de l'Ouest.

Itinéraire	Rouleau cultipacker + semoir à sabots + rouleau cultipacker	Rollosem GN73-25 (1 passage lent sans semier + 1 passage rapide en semant)	Rouleau cultipacker + épandeur centrifuge + rouleau cultipacker
Temps de travaux (h/ha)	6,5	4,1	4,95
Coût des travaux (F/ha)	1 530	1 025	1 160
Coût des semences (F/ha)	625	750	1 250
Coût total (F/ha)	2 155	1 775	2 410

Pour le kikuyu, différents itinéraires de bouturage ont été testés : épandage des boutures et enfouissement avec un pulvérisateur à disques légers, utilisation du rouleau cultipacker, sillonnage, épandage des boutures au fond du sillon et recouvrement des sillons avec un pulvérisateur à disques légers (PAILLAT, 1986a). Ces essais montrent que le roulage n'a pas d'effet néfaste sur les boutures, il contribue à aplanir la parcelle. De plus, le démarrage de la prairie est plus rapide avec l'épandage des boutures sur toute la parcelle, lorsque les conditions pluviométriques sont satisfaisantes, et l'enfouissement des boutures en sillon, bien que plus coûteux en temps, est une assurance en conditions sèches, durant la période hivernale dans les Hauts de l'Ouest.

La régénération et l'entretien des prairies

L'assainissement en zones perhumides

En zone humide, les prairies implantées avec des graminées tempérées se dégradent rapidement, du fait de l'envahissement par des adventices et de l'asphyxie. Un renouvellement tous les deux à trois ans est souvent nécessaire. Plusieurs essais ont donc été mis en place à la Plaine des Palmistes pour mettre au point un itinéraire technique adapté à la création de prairies pérennes en zone humide. La technique consiste à réaliser un drainage de surface. En effet, un drainage en profondeur serait inefficace compte tenu d'une vitesse d'infiltration très faible (DE PARSEVAL, 1984) et, en outre, difficile à réaliser étant donné la présence de dalles rocheuses. Un billonnage de surface, avec des billons écartés de 20 à 25 mètres, effectué lors du travail du sol, permet de créer les conditions de ce drainage de surface. L'itinéraire retenu a été le sui-

vant : labour en adossant au centre du billon, reprise au pulvériseur en adossant, deuxième labour en faisant deux demi-ados à 1 mètre du sommet du billon et reprise de la totalité du billon, enfin troisième labour en adossant à 3 mètres du centre du billon, puis reprise de la totalité (PAILLAT, 1987b). Cet itinéraire technique est long (26 heures de travaux pour un coût de mise en place de la prairie de 8 000 à 9 000 francs par hectare en 1986), mais permet de réaliser des billons réguliers qui ne présentent pas de mouillères localisées. Pour les mouillères peu étendues, un simple sevrage par sillonnage jusqu'à l'amont de celles-ci suffit (PAILLAT, 1986b). Les sillons doivent être régulièrement entretenus. Les mesures de l'état hydrique du sol et de la densité, à l'aide d'une sonde gamma-neutronique Campbell, au sommet des billons et dans les sillons, sur la parcelle drainée et sur une parcelle non drainée, ont montré que le sol semblait mieux fonctionner de chaque côté des sillons qu'au sommet des billons, ce qui confirme la faible migration latérale de l'eau dans le sol. L'hydromorphie subsiste donc dans le sol au sommet des billons. Cependant, l'humidité et la densité sont moindres dans la couche 0-20 centimètres du sol que sur la parcelle non drainée. De plus, la prairie n'a jamais été submergée (PAILLAT, 1987b). Le ressuyage est donc accéléré et la prairie voit sa longévité accrue.

Bien qu'efficaces sur le plan agronomique, ces aménagements ont été peu pratiqués car l'exploitation mécanisée de la parcelle devient beaucoup plus difficile du fait des billons et surtout des sillons qui perturbent le passage des engins de récolte.

La lutte contre les adventices des prairies

Au début des années 80, dans un contexte de sous-fertilisation et de sous-exploitation, les prairies créées par les Afp étaient rapidement envahies par une flore adventice très compétitive (joncs, *Cyperus* sp., *Sporobolus fertilis*). Différentes techniques ont été envisagées pour restaurer les prairies : arrachage des adventices avec un cultivateur rotatif à axes verticaux (Vertiber) ou destruction chimique sélective (Round-up). Après brûlage en saison sèche, le cultivateur rotatif à axes verticaux permet un bon arrachage des joncs et de *S. fertilis*, mais ces adventices doivent ensuite être andainées puis ramassées pour éviter leur bouturage et cette opération est longue et fastidieuse (DE PARSEVAL, 1983). Avec cette technique, les coûts ne diminuent pas par rapport aux reprises traditionnelles de prairies avec un pulvériseur à disques lourds, mais l'érosion est fortement réduite. L'autre possibilité consiste à déposer un produit herbicide total comme le glyphosate avec un matériel spécifique constitué de cordes imbibées utilisées pour le traitement des betteraves montées sur les tiges et les inflorescences des adventices restées en place après pâturage de la prairie. Ces traitements chimiques se sont avérés assez efficaces sur les joncs, mais peu efficaces sur *Cyperus* sp. et sur *S. fertilis*.

La régénération des pâturages de graminées tempérées et de kikuyu

Dans certaines situations pédoclimatiques et d'exploitation du fourrage, les prairies donnent des signes de fatigue : la densité de plantes diminue, le kikuyu s'étiole. L'état de compaction du sol étant mis en cause par les agents du développement, des essais de décompaction avec différents matériels — Paraplow et Actisol — et de sectionnement du kikuyu par un pulvérisateur à disques lourds et un cultivateur rotatif à axe horizontal ont été mis en place.

En réalité, la sensibilité de l'andosol à la compaction est assez faible et varie peu avec son degré d'humidité (PERRET, 1993). Malgré une activité racinaire améliorée, les résultats de la décompaction ne sont concluants que si une fertilisation adéquate est appliquée (PAILLAT, 1986c). Pour les prairies trop dégradées, le travail d'aération avec un décompacteur léger doit être complété par un sursemis (PAILLAT, 1988a). De même, le sectionnement du kikuyu n'est pas une technique intéressante (PAILLAT, 1989). Le pulvérisateur à disques lourds crée un relief très accidenté qui dégrade le pâturage. Le cultivateur rotatif, agissant sur le chevelu racinaire, réalise un travail correct, mais le sol mélangé au matelas racinaire déstructuré devient sensible à l'érosion. Aucun effet positif n'a été constaté avec ces itinéraires de régénération, l'apport d'engrais en quantité suffisante étant la solution la moins coûteuse et la plus efficace pour maintenir le pâturage en bon état.

Le semis direct et le sursemis

L'installation d'une prairie dans les Hauts est très coûteuse en raison de la topographie, de l'empierrement et de l'exiguïté des parcelles (POCHIER, 1986). Lorsque la première implantation est correctement réalisée, il est intéressant d'éviter tout bouleversement du sol. Pour cela il est possible d'avoir recours à la technique du semis direct, qui permet de renouveler des prairies dégradées, ou du sursemis, qui vise à augmenter la densité de graminées fourragères sans détruire la prairie en place. Des essais ont été menés avec cette technique pour évaluer la qualité des prairies obtenues et en estimer les coûts. Des itinéraires techniques ont été mis au point et différents matériels ont été testés : semoir à triple disque Huard SD300, semoir combinant disques et sabot Sulky Unidrill 240, semoir sur cultivateur à dents Cultisem (fabrication locale par le Cirad).

Lorsque la prairie est envahie par les adventices, le problème majeur réside dans la destruction correcte de la prairie avant le semis direct. L'itinéraire technique retenu pour le semis direct est donc assez long (PAILLAT, 1989). Il comprend un traitement avec du Round-up — l'emploi de plusieurs doses et adjuvants montrent qu'une dose élevée de Round-up est nécessaire (10 litres par hectare), mais l'action du surfactant, le Frigate, n'a pu être mise en évidence —, un repos de deux à trois semaines, un traitement de rattrapage



*Envahissement
d'une prairie
à dactyle par
Sporobolus fertilis
en touffes à la
Plaine des Cafres,
à 1 600 mètres
d'altitude (photo
G. Mandret).*



*Paraplow
(photo J.M. Paillat).*



*Semoir Sulky
(photo J.M. Paillat).*



*Semoir Huard
(photo J.M. Paillat).*

avec du Gramoxone et le semis direct à une dose de semences assez élevée, de l'ordre de 30 à 35 kilos par hectare pour le ray-grass et de 15 à 20 kilos par hectare pour le dactyle, la féтуque et le chloris. Les coûts, qui varient de 4 500 à 6 000 francs par hectare, sont élevés, principalement en raison des herbicides, qui reviennent à 2 000 francs à l'hectare, et des semences, de 800 à 2 000 francs par hectare. Ces coûts sont cependant moindres que ceux d'un renouvellement de prairie par retournement. Le sursemis, qui ne nécessite pas d'herbicides, est en revanche peu coûteux : de 2 000 à 3 000 francs par hectare selon le coût des semences, en 1988. Le problème des adventices réglé, la qualité du semis dépend des conditions climatiques et du matériel utilisé. Le semis direct doit être réalisé dans des conditions d'humidité du sol suffisantes. Cette technique est donc adaptée à la zone est de l'île et, de novembre à mai, à l'ouest et au sud. Il est cependant préférable d'éviter les périodes de fortes pluies pour des raisons de portance. Un problème particulier est apparu lors du semis de graminées tempérées dans le kikuyu. En effet, après traitement chimique au Round-up, les racines et les stolons en décomposition du kikuyu libèrent de l'acide coumarique, qui est un antigerminatif pour nombre de plantes dont les graminées tempérées (FONTAR et THOMAS, 1987). La solution réside dans un passage, avant semis, de cultivateur rotatif à axe horizontal à très faible profondeur (5 centimètres) et avec une vitesse d'avancement élevée, de manière à mélanger les racines en décomposition avec le sol.

Sur le plan des matériels testés, le semoir Huard est peu précis dans la localisation des graines et celles-ci sont mal recouvertes. Il est en revanche très robuste et bien adapté aux zones humides et aux terrains difficiles de l'est. Le semoir Sulky est très précis, il localise bien les graines en profondeur et permet leur recouvrement. Plus fragile que le précédent, il sera employé pour le renouvellement ou le sursemis des prairies de fauche. Le Cultisem est robuste et très maniable (matériel porté). Il est utile dans les parcelles exiguës en pente. La technique du semis direct et surtout celle du sursemis ont connu un essor rapide depuis le début des années 90. La plupart des parcelles de fauche sont entretenues et renouvelées de cette manière. Grâce à l'Union des Afp, les éleveurs disposent maintenant dans chacune des régions d'élevage du matériel adéquat pour ce travail.

La mécanisation des exploitations avec du matériel adapté aux fortes pentes

Dès le début des années 80, le Ceemat puis le Cirad ont recherché des matériels utilisables pour les exploitations diversifiées des Hauts (CAUMONT, 1981 ; PAILLAT, 1983 ; ARNOLD, 1984). A l'issue de cette évaluation, il est apparu nécessaire de faire appel à des matériels adaptés à la montagne dans les

exploitations d'élevage situées sur de fortes pentes (CAUMONT, 1982 ; PAILLAT, 1986d). Parallèlement, à partir de 1984, les recherches se sont orientées vers un matériel spécifique de conception artisanale, le Mouflon, qui pouvait, à terme, être construit à la Réunion. Deux versions du Mouflon, 1700 MFT et 2700 MFT, et un tracteur de montagne Bucher TM850 ont donc été testés à la Réunion (PAILLAT, 1984 ; 1986d ; 1987c ; LEPETIT et PAILLAT, 1989 ; ADJIRI, 1991).



*Bucher
(photo J.M. Paillat).*



*Mouflon
(photo J.M. Paillat).*

Les besoins des exploitations

Le Mouflon, dans sa version 17 chevaux, a fait l'objet d'un suivi dans une exploitation laitière des Hauts de l'Ouest. Dans les conditions difficiles de pentes et de chemins dégradés, ce matériel a une importante fonction de transport — réfection des chemins, nettoyage des parcelles, épandage d'engrais et de fumier — mais manque de puissance (PAILLAT, 1987c). Une enquête a donc été réalisée dans une cinquantaine d'exploitations des différentes régions d'élevage afin de déterminer le type de matériel le mieux adapté (LEPETIT et PAILLAT, 1989). Dans ces exploitations, le matériel doit remplir plusieurs fonctions, dont l'importance

relative diffère selon le type d'exploitation : transport, récolte de fourrage et affouragement, épandage d'engrais, de fumier ou de lisier, travail superficiel du sol, broyage. Une typologie simplifiée des exploitations selon leurs besoins en mécanisation est présentée dans le tableau 10. Pour les exploitations de type I et II, une mécanisation spécifique se justifie. Dans le cas I, la mécanisation conventionnelle ne peut être efficace du fait de la taille des parcelles, un petit matériel polyvalent et maniable est donc nécessaire : le transporteur de montagne, Mouflon ou autre, peut convenir. Dans le cas II, les fortes pentes imposent une mécanisation de montagne : le Mouflon dans sa version 27 chevaux, robuste et adapté au transport, paraît une solution envisageable. Pour le cas III, une mécanisation conventionnelle peut convenir pour la récolte du fourrage et la confection d'ensilage d'herbe. Dans le cas IV, aucune mécanisation n'est nécessaire, si ce n'est pour l'entretien et le broyage des parcelles dégradées, qui pourraient être réalisés par une entreprise extérieure ou dans le cadre d'un groupement d'éleveurs de type Cuma (Coopérative d'utilisation du matériel en commun).

Tableau 10. Typologie des exploitations par rapport aux besoins en mécanisation.

Exploitation type	I	II	III	IV
Surface (ha)	< 15	> 30	15-25	> 30
Parcellaire	groupé	étendu	groupé	étendu
Parcelles	très petites	grandes	moyennes	grandes
Pente	moyenne	forte	moyenne	moyenne
	1/2 des parcelles pente < 25 %	90 % des parcelles non mécanisables	1/3 des parcelles pente > 15 %	quelques parcelles pente > 40 %
Relief	assez accidenté	très accidenté	peu accidenté	peu accidenté
Elevage	laitier intensif	32 vaches laitières	30 vaches laitières	allaitant
Système	affouragement	pâture + étable	affouragement	pâture
Intensification (UGB/ha)	3	1,5	2	1
Main-d'œuvre (UTH)	3	3,5	2	1
Contrainte majeure par rapport à la mécanisation	manque de main-d'œuvre, utilisation journalière	capacité de transport, utilisation fréquente	récolte et stockage du fourrage	entretien des parcelles, utilisation ponctuelle

Les coûts d'utilisation des matériels

Sur la base des travaux à réaliser dans les exploitations de type I et II, les coûts d'utilisation du transporteur de montagne Mouflon, dans sa version 27 chevaux, ont été calculés pour 1989 (LEPETIT et PAILLAT, 1989). Par rapport aux coûts des travaux manuels, le Mouflon fait économiser 100 francs par jour pour l'affouragement en vert et 200 francs par hectare pour l'épandage d'engrais, à raison de 500 kilos par hectare. L'épandage de fumier, en revanche, est réalisé à un coût identique.

Des coûts ont également été déterminés pour le tracteur de montagne Bucher TM850 de 30 chevaux, en 1989. Ils correspondent à une utilisation en Cuma et tiennent compte de la rémunération du chauffeur et d'un amortissement annuel sur 700 heures de travaux. L'épandage d'engrais revient à 75 francs par hectare, le traitement herbicide, à 350 francs par hectare, la fauche, à 450 francs par hectare, le gyrobroyage, à 750 francs par hectare et le rotobroyage fin, à 920 francs par hectare.

L'aptitude au transport des matériels adaptés aux pentes

Le Mouflon 2700 MFT et le Bucher TM850 ont été testés pour leur aptitude au transport en pente. L'évaluation la plus simple des capacités d'un matériel de montagne est la mesure du glissement, qui qualifie l'adhérence de l'engin, sous différentes charges correspondant à divers besoins de traction (BOURNAS, 1979). La méthode initialement mise en œuvre par le Ceemat sur des petites cellules motrices (PAILLAT, 1983 ; ARNOLD, 1984) a été améliorée en utilisant des capteurs (inclinomètres, compte-tours, débitmètre) et une centrale d'acquisition de données Campbell 21X. La limite supérieure de glissement dépend de l'état du sol : texture, humidité, empièchement, couvert végétal. Cette limite est évaluée par interprétation graphique (LEPETIT et PAILLAT, 1989) ou statistique (ADJIRI, 1991) des ruptures dans la fonction liant le glissement à la pente pour différentes charges transportées. Dans le cas de l'ajustement graphique, la fonction retenue pour le Mouflon 2700 MFT est la suivante (figure 10) :

$$G = 8,3 \cdot 10^{-7} e^{(20P + 0,003C)} + 0,08$$

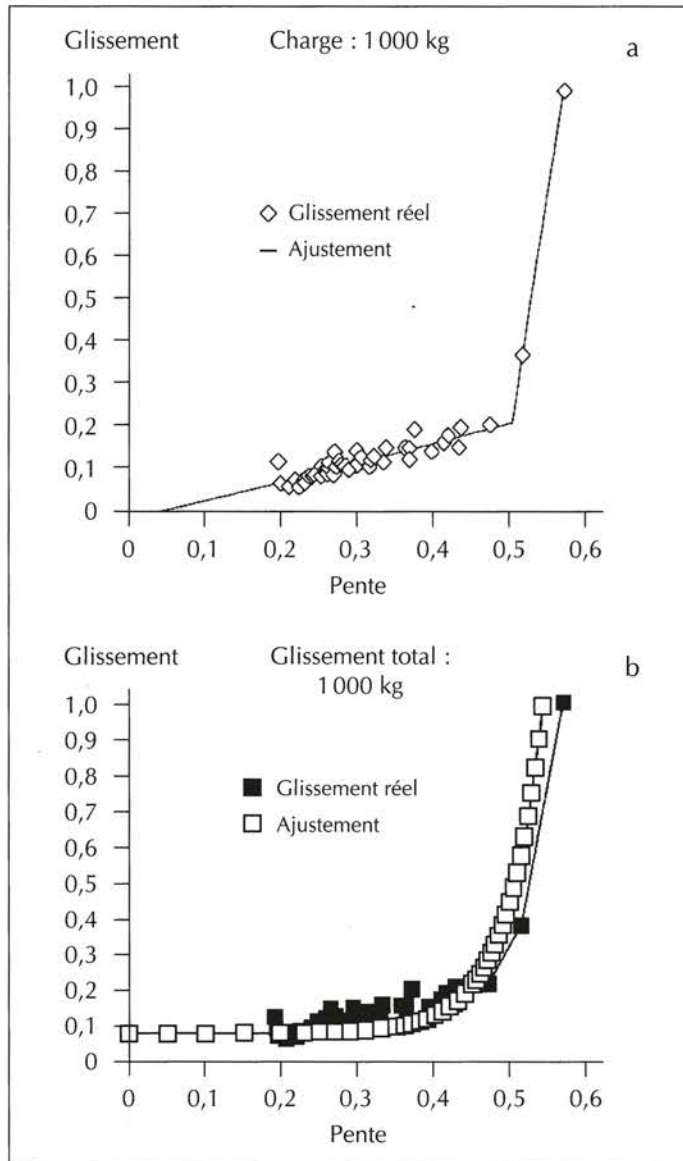
où G est le pourcentage de glissement, P, le pourcentage de pente et C, la charge transportée en kilos. Dans le cas de l'ajustement statistique (logiciel Sas), deux fonctions linéaires relient le glissement à la pente et à la charge (régressions multiples). Les coefficients de chacune d'elles sont déterminés en minimisant la somme des carrés des écarts. Les points de rupture sont calculés au croisement des droites (figure 10), soit, pour le Mouflon, selon les charges transportées : $47\% < P_0 < 51\%$, P_0 étant la pente au point de rupture. Pour ce matériel les droites retenues sont les suivantes :

$$\text{pour } P < P_0, G = 0,49 P - 13,95 \times 10^{-6} C - 0,036 ;$$

$$\text{pour } P \geq P_0, G = 4,071 P + 642 \times 10^{-6} C - 2,054.$$

L'intérêt d'un matériel de traction adapté aux pentes

Ces études ont permis de mieux qualifier les matériels. Elles ont également souligné les difficultés rencontrées dans la progression en pente sous charge. Les matériels testés ont de réelles aptitudes dans ces conditions et le Mouflon 2700 MFT a reçu un agrément de la Région en tant qu'équipement spécifique aux exploitations de montagne, avec l'octroi d'une subvention pour son acqui-



sition par les éleveurs. Cependant, les besoins des exploitations concernées, pour la majorité laitières, ont évolué vers une intensification fourragère, avec la nécessité de constituer des stocks sous forme d'ensilage d'herbe. Les éleveurs ont donc aménagé leurs parcelles, en arasant les buttes, en reprenant les prairies et en installant des graminées tempérées. Ils ont, pour la plupart, investi dans une motorisation conventionnelle, qui assure la récolte en balles enrubannées, notamment. A partir des années 90, l'acquisition d'un matériel spécifique de montagne ne se justifiait plus dans ce nouveau contexte.

La fertilité des sols et la relation entre le sol et la plante

La fertilité des sols sous prairies à la Réunion mobilise le Cirad depuis longtemps. Les essais de fertilisation du kikuyu et de la houlque laineuse mis en place par l'Irat dès 1971 font état de bons rendements sans fertilisation la première année d'exploitation, mais d'une chute importante au cours de la deuxième année, avec une minéralisation de la matière organique du sol plus faible en saison froide (MICHELLON *et al.*, 1982). Ils mettent aussi en évidence l'effet de la fumure azotée, à raison de 30 ou 60 unités d'azote (exportations d'azote de 270 à 319 kilos par hectare et par an) sur les rendements et les teneurs, ainsi que celui du phosphore et du potassium.

Les teneurs en calcium, en magnésium et en sodium semblent toujours insuffisantes. Le chaulage permet d'augmenter les teneurs en calcium en hiver ; il est indispensable sur les andosols pour bien valoriser les engrais sur prairies car il réduit l'acidité et améliore en conséquence la capacité d'échange des ions. Son importance est souvent sous-estimée à la Réunion, ce qui se traduit par des carences minérales pour le fourrage et par une acidification des sols. Son intérêt pour la production fourragère a conduit le Cirad-Elevage à mener une étude plus approfondie avec cinq types d'engrais calciques (500 unités de calcium) sur la ferme de la Sedaël, à 700 mètres d'altitude. Le dispositif comprenait des parcelles de 4 mètres carrés, réparties dans 5 blocs de 16 mètres carrés chacun (4 répétitions par traitement et un traitement par bloc), avec une fumure phosphopotassique de fond sur la base de 200 P et 200 K. L'amendement calcique est mieux valorisé lorsque son épandage a lieu au début de la saison froide (MANDRET *et al.*, 1995b). Il est également intéressant après les fortes pluies de la saison cyclonique, en avril et en mai. Le type de chaux employé est aussi déterminant quant à l'efficacité du calcium, les meilleurs résultats étant obtenus avec une chaux d'appellation commerciale Calco MG5, qui a une action immédiate grâce au dosage et à la forme de ses composants — présence simultanée de carbonate à action rapide et d'oxyde de calcium et de magnésium associés aux oligoéléments (MANDRET *et al.*, 1995b).

Les éleveurs n'ont pas toujours conscience qu'une alimentation minérale déséquilibrée de la plante entraîne des chutes de production fourragère. L'étude des macrominéraux (Ca, P, Mg, K) et des oligominéraux (Cu, Zn, Mn) entreprise sur les graminées fourragères par MANDRET (1996) montre l'importance des carences en cuivre, en zinc, en phosphore et, dans une moindre mesure, en calcium des prairies de l'île (voir le chapitre « Les rations en élevage laitier »). Par ailleurs, GILBERT (1983) fait état de fortes carences en sodium sur le kikuyu et de teneurs variables, mais très faibles à faibles, sur le ray-grass. Le lessivage du sodium, du magnésium et du chlore est effectivement accentué par la fertilisation azotée (MANDRET, 1994a).

L'efficacité d'absorption et l'activité microbiologique

Afin de mieux comprendre l'efficacité d'absorption de l'azote par les fourrages, des études ont été entreprises sur l'activité microbiologique du sol. Celle-ci est estimée en mesurant l'activité d'une exoenzyme microbienne du sol et exprimée en unité internationale — en microgrammes de phosphonitrophénol formés par heure dans un gramme de sol sec (MANDRET *et al.*, 1996). Les essais concernent la zone littorale et les altitudes 700 et 1 900 mètres, différentes couvertures végétales et plusieurs niveaux et types de fumure (azote appliqué sous la forme NH_4NO_3 isotopique 15, seule ou associée au lisier de porc).



Dispositif avec bougies poreuses sur Chloris gayana en zone littorale (photo O. Fontaine).

Dispositif sur dactyle au Nez de Bœuf, à 1 900 mètres d'altitude (photo V. Blanfort).



L'application d'une fumure minérale ou organique augmente l'activité biologique du sol sous prairie mais cette activité ne dépend pas du type de fumure employé. En revanche, l'activité biologique plafonne au-delà d'une certaine quantité d'azote apportée (figure 11).

Par rapport à des parcelles sans azote, l'application de 105 kilos d'azote par hectare augmente de 31 % l'activité biologique du sol. Mais l'apport de 45 kilos d'azote supplémentaires, soit près de 50 % de l'apport initial en plus, n'entraîne qu'un surcroît de l'activité biologique de 8 %. En fait, l'analyse de l'azote 15 (excès isotopique de 2,56 %) fait apparaître que l'azote de l'engrais est surtout absorbé pendant les vingt premiers jours de repousse. La dilution de l'azote dans la matière sèche (MS, en tonnes de matière sèche par hectare) se fait alors selon les équations suivantes (MANDRET *et al.*, 1993) :

pour N0 : $N\% = 1,08 MS^{-0,24}$, ($r^2 = 0,99$) ;

pour N30 : $N\% = 1,26 MS^{-0,55}$, ($r^2 = 0,99$) ;

pour N60 : $N\% = 1,68 MS^{-0,55}$, ($r^2 = 0,99$).

Toutefois, le coefficient réel d'utilisation de l'azote provenant de l'engrais ne dépasse pas, quelle que soit l'année, 10 % en hiver et 15 % en été, alors que le coefficient apparent d'utilisation de l'azote est bien plus élevé (figure 12). Il semble donc que l'application d'un engrais azoté permette de stimuler l'activité biologique du sol, facilitant ainsi la minéralisation de la matière organique et, par voie de conséquence, la ponction d'azote dans le sol (de 75 à 150 % en plus avec 30 à 60 unités d'azote apportées).

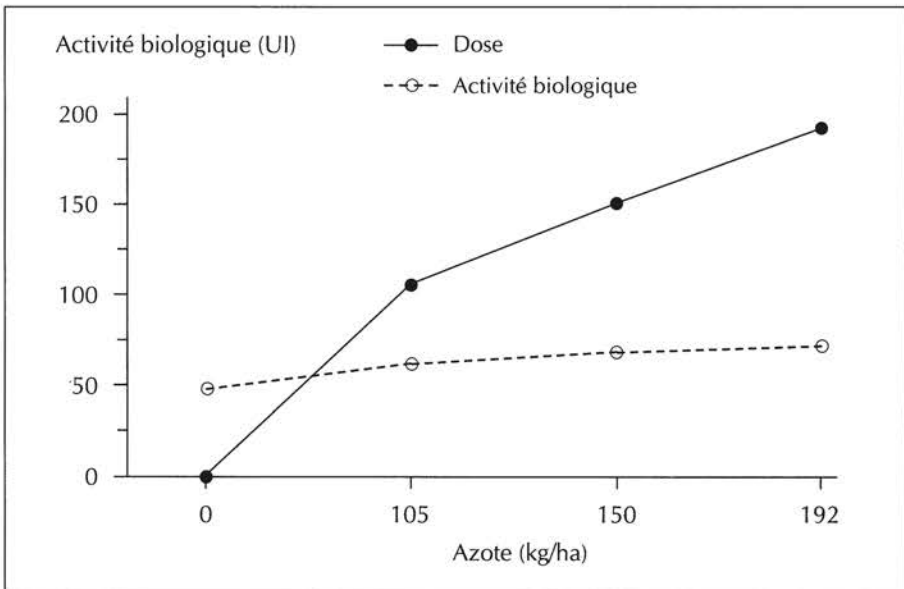


Figure 11. Activité biologique du sol en fonction de la dose d'azote apportée.

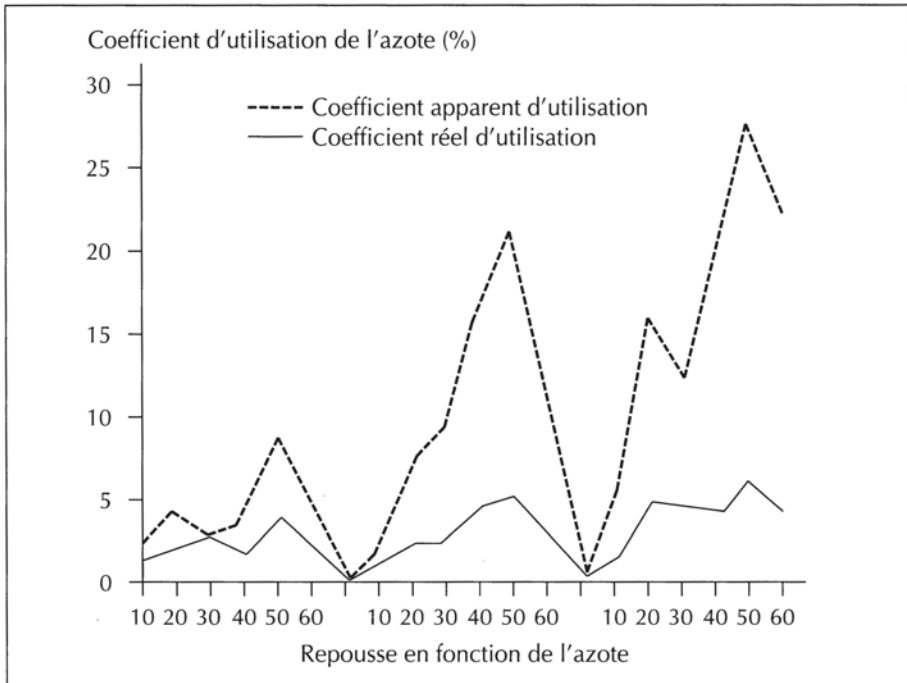


Figure 12. Efficience de l'azote sur le dactyle en été.

La minéralisation de la matière organique

Plusieurs graminées tropicales (*Brachiaria decumbens*, *B. ruziziensis*, *B. humidicola*, *Setaria anceps*), plus sensibles aux effets saisonniers que les graminées tempérées, ont été suivies par Mandret pendant trois ans, de 1993 à 1996, tant du point de vue des rendements que des exportations d'azote. Elles étaient soumises à des coupes régulières, tous les mois à raison de 3 répétitions par espèce, et bénéficiaient du même niveau de fertilisation. Les observations ont porté sur les périodes de minéralisation de la matière organique, propices à la valorisation de la fumure. Plusieurs périodes ont été identifiées — du 15 octobre au 15 novembre, du 15 décembre au 15 janvier, d'avril à mai — de même qu'une période d'intense lessivage et de mauvaise activité biologique du sol, de février à mars (figure 13). Il ressort de ces observations que l'engrais est d'autant mieux valorisé qu'il est épandu pendant les périodes de minéralisation: Pour compenser l'effet négatif des mois de février et mars, il est important de fertiliser les parcelles très tôt en avril, période également favorable à l'application de chaux. Toutefois l'application d'engrais dépend aussi de la stratégie de production de fourrage (voir le chapitre « Gestion agroécologique des prairies »).

L'activité biologique des sols est très variable en fonction de l'altitude (figure 14). Ainsi, l'activité biologique des sols sablo-limoneux du littoral est surprenante : elle est aussi faible que celle des sols sahéliens.

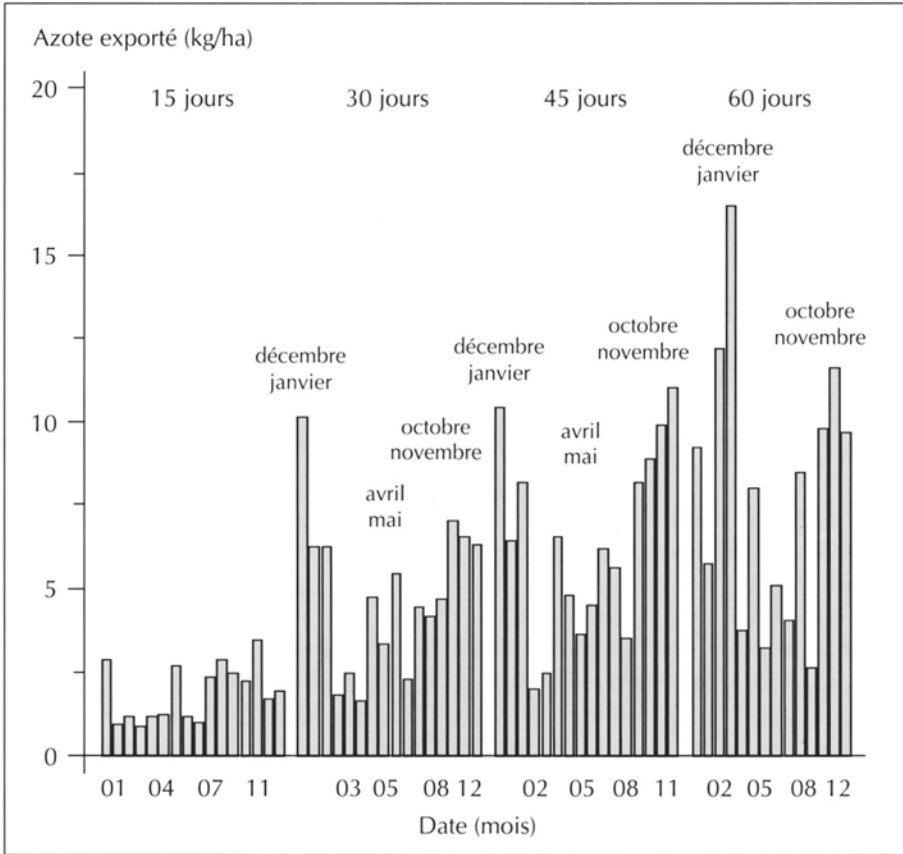


Figure 13. Périodes de minéralisation en fonction de la saison et de l'âge de repousse de *Brachiaria ruziziensis*.

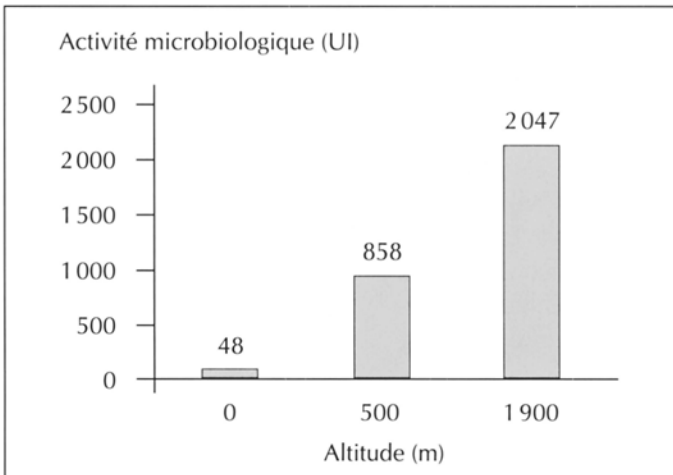


Figure 14. Activité microbiologique, exprimée en unité internationale, des sols à trois altitudes : littoral (Saint-Joseph), 500 mètres (Sedaël), 1900 mètres (Plaine des Cafres).

Le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale de la plante

L'étude sur la gestion des prairies menée de 1992 à 1996 par le Cirad-Elevage (BLANFORT, 1998) se fonde sur une approche systémique des couverts prairiaux dans laquelle sont intégrées des expérimentations analytiques. La modélisation expérimentale de certains processus biologiques, tels que la nutrition des plantes, vise à élaborer des indicateurs et des outils de diagnostic pour la gestion des pâturages. Une série d'expérimentations a donc été menée en vue de rendre utilisables dans les conditions réunionnaises les lois de dilution des éléments N, P et K établies par l'Inra en métropole.

La méthode : estimation de la fertilité par l'analyse du végétal

Traditionnellement, la fertilisation est raisonnée à partir d'analyses de sol qui impliquent des hypothèses sur les capacités d'assimilation par la plante des éléments minéraux, estimées selon des méthodes de dosage ou d'extraction variées. Mais la fertilité peut être appréciée de manière plus dynamique, en l'abordant sous l'angle de la nutrition minérale des plantes. Des méthodes établissent des relations entre la teneur en minéraux, la productivité et la dynamique de la végétation, indépendamment de l'âge physiologique de la plante, ce qui constitue un des atouts opérationnels de la démarche (SALETTE et HUCHE, 1989). Concernant l'azote, SALETTE et LEMAIRE (1981) ont proposé un modèle de dilution du type : $N\% = a (MS)^{-b}$, où $N\%$ est la concentration potentielle de l'azote dans la matière sèche produite, a , le potentiel de teneur ou la possibilité d'enrichissement théorique, MS , la quantité de matière sèche récoltée en tonnes par hectare et b , le coefficient de dilution. Il existe une courbe limite de référence, au-delà de laquelle tout prélèvement d'azote supplémentaire se traduit par un accroissement de teneur sans augmentation de rendement (figure 15a ; DURU, 1992a).

Cette loi de dilution a ensuite été étendue au phosphore et au potassium (tableau 11 ; SALETTE et HUCHE, 1991). Les courbes sont relativement semblables pour la plupart des graminées et des légumineuses. Établies sur des peuplements purs, elles s'avèrent également utilisables sur des prairies à flore complexe (DURU, 1992b ; HUCHE *et al.*, 1992). Les courbes de dilution de référence traduisent le comportement normal de la végétation. Le diagnostic peut s'établir de façon graphique sur la mesure de l'écart à la courbe normale (figure 15b).

Une méthode de diagnostic plus opérationnelle a été établie (DURU, 1992a ; 1992b). Elle s'appuie sur le calcul d'indices de nutrition, qui dérivent des équations de dilution (tableau 12). Ces indices sont une mesure quantifiée de l'écart entre le niveau de concentration observé et le niveau potentiel théorique atteint en condition d'alimentation non limitante. Les indices de nutrition non limitants ont donc théoriquement une valeur de 100. Le déficit ou l'excès de fourniture du sol est donc proportionnel à l'écart autour de cette valeur.

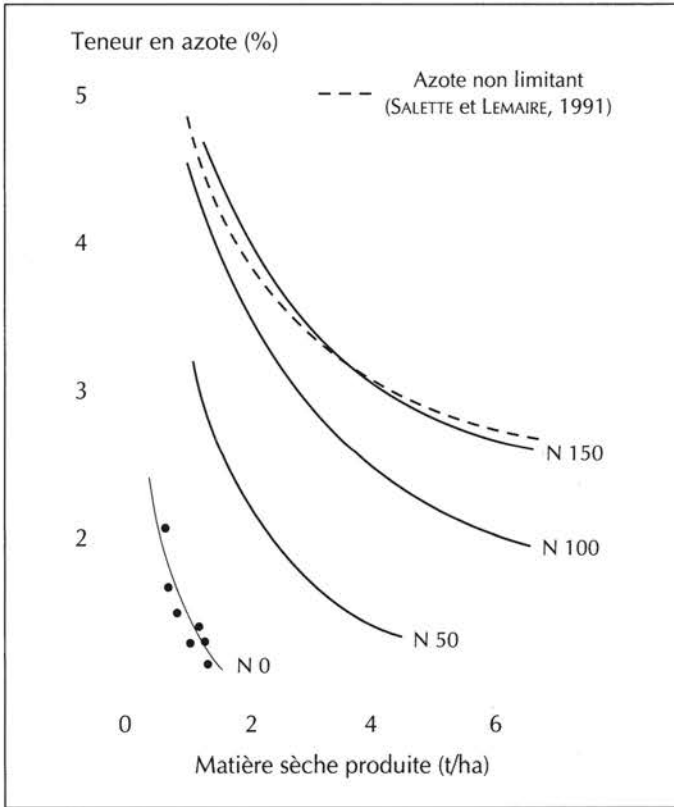


Figure 15a. Evolution de la teneur en azote en fonction de la matière sèche pour différents niveaux d'apport d'azote. Lorsque la disponibilité de l'azote dans le sol diminue, la teneur en azote dans la matière sèche et le rendement décroissent par rapport à la courbe de référence (azote non limitant).

Tableau 11. Equations de référence correspondant au comportement normal d'un peuplement en conditions de nutrition non limitantes.

Equations de dilution de l'azote

Plante en C₃ (tempérée) : $N \% = 4,8 \times (MS)^{-0,32}$ (SALETTE et LEMAIRE, 1981)

Plante en C₄ (tropicale) : $N \% = 3,6 \times (MS)^{-0,4}$ (Cruz et M. Duru, comm. pers.)

Equations de dilution du phosphore et du potassium (DURU, 1992b)

$P \% = 0,24 \times (N\%)^{0,64}$

$K \% = 1,62 \times (N\%)^{0,48}$

Pour le phosphore, l'expérience montre qu'un indice de 80 correspond en fait à un niveau de nutrition non limitant (GRANGER, 1992). Plus récemment, les indices concernant le phosphore (IP) et le potassium (IK) ont été ajustés de façon à obtenir un indice 100 non limitant homogène pour les trois éléments (DURU et DUCROCCQ, 1997) :

$$IP = 100 \times P_{\text{obs}} / (1,6 + 0,525 \times N_{\text{obs}});$$

$$IK = 100 \times K_{\text{obs}} / (0,15 + 0,065 \times N_{\text{obs}}).$$

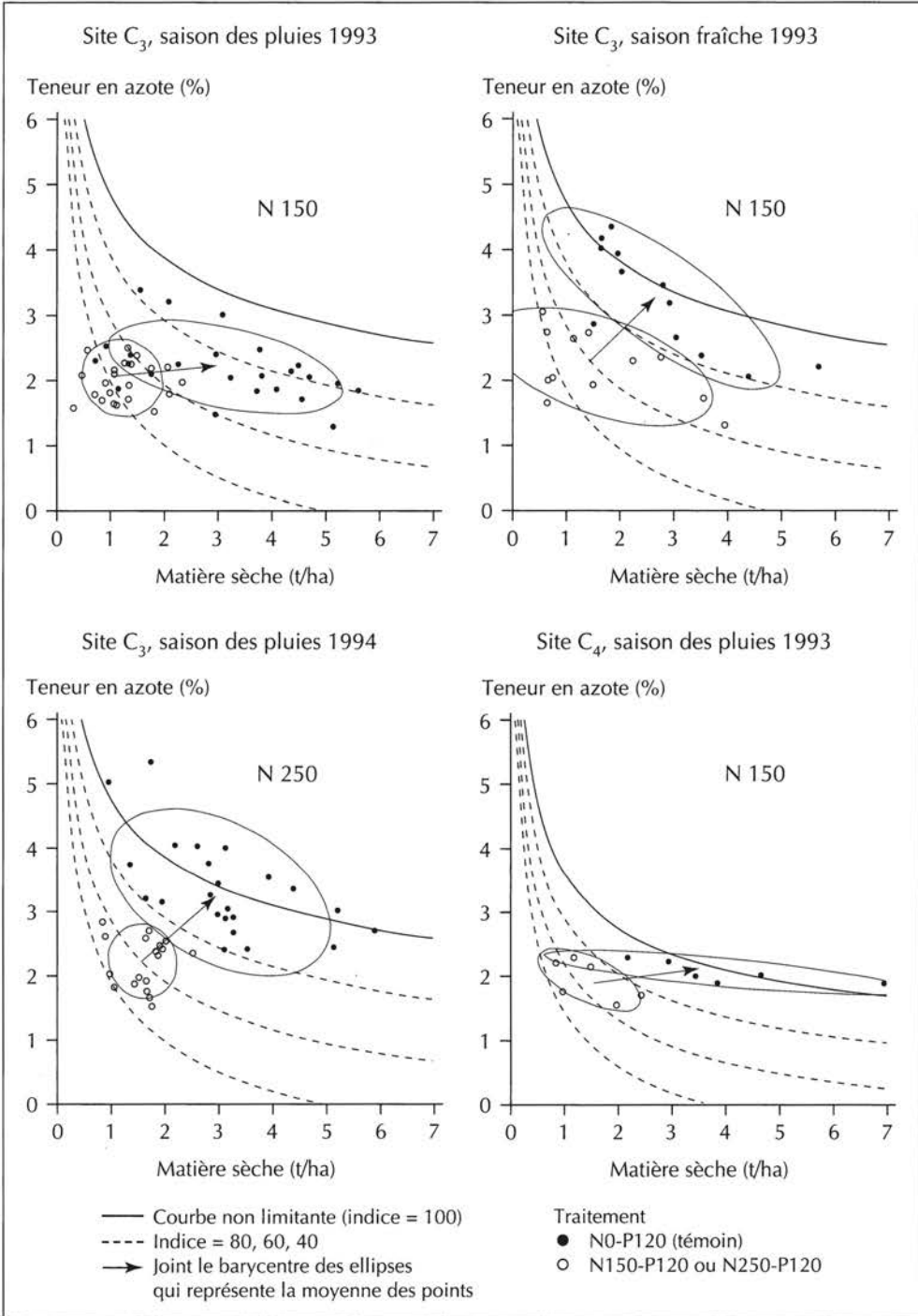


Figure 15b. Evolution des teneurs en azote au cours de la croissance sur l'ensemble des sites expérimentaux pour les graminées tempérées.

Tableau 12. Formules de calcul des indices de nutrition, à partir des valeurs observées (obs) et potentielles (pot), en pourcentage de la matière sèche.

Indice de nutrition azotée :	
Plante en C ₃	$IN = 100 \times (4,8 - 4,8 \times MS_{obs}^{-0,32} + N_{obs}) / 4,8$
si biomasse récoltable < 1t*	$IN = 100 \times (N_{obs} / 4,8)$
Plante en C ₄	$IN = 100 \times (3,6 - 3,6 \times MS_{obs}^{-0,4} + N_{obs}) / 3,6$
si biomasse récoltable < 1t*	$IN = 100 \times (N_{obs} / 3,6)$
Indice de nutrition en phosphore et en potassium :	
$IP = P_{obs} / P_{pot}$	$IP = 100 \times 4,17 P_{obs} \times N_{obs}^{-0,64}$
$IK = K_{obs} / K_{pot}$	$IK = 100 \times 0,62 K_{obs} \times N_{obs}^{-0,48}$

* 1t : interception maximale du rayonnement lumineux au-delà duquel la croissance se stabilise (M. Duru, comm. pers.).

L'utilisation locale des modèles de nutrition minérale

Les dynamiques de croissance et d'absorption des éléments N, P et K dans la végétation ont été observées dans des dispositifs de type diachronique à 11 cycles, sur deux années consécutives, en 1993 et 1994 (BLANFORT, 1998). Plus de 2 200 prélèvements d'herbe ont donné lieu à 555 échantillons moyens à partir desquels ont été réalisés des calculs de productions de matière sèche, des analyses standards en laboratoire (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) et 42 analyses de digestibilité de la matière organique et de la matière sèche. Plus de 40 analyses standards de sol ont été effectuées, 28 ont fait l'objet d'une double analyse selon différentes méthodes d'extraction du phosphore. Des mesures isotopiques du phosphore et des dosages de l'aluminium échangeable ont été effectuées sur 14 prélèvements de sol. Les données climatiques de Météo-France ont été complétées par des enregistrements sur les sites de prélèvement afin de vérifier les conditions de validité des résultats (figure 16).

L'AZOTE

On observe un comportement de dilution similaire des graminées tempérées en C₃ sur chacun des cycles étudiés (figure 15b). La position du barycentre (moyenne des points) de l'ellipse des points témoins sans azote reste quasiment au même endroit, ce qui implique une minéralisation équivalente pour les deux années et donc un effet nul de l'année. Le déplacement significatif du barycentre de l'ellipse du traitement avec l'apport d'azote peut donc essentiellement être attribué à l'effet de la dose. Les résultats montrent un effet marqué de la saison sur la dilution de l'azote. La courbe de référence proposée par Salette et Lemaire n'a pu être atteinte au cours de la saison des pluies de 1993 (indice azoté, IN, moyen de 80), alors qu'elle l'a été en saison fraîche. L'accélération de la croissance en saison des pluies entraîne un besoin accru d'azote que n'a pu satisfaire l'apport de 150 kilos par hectare. Durant la saison des pluies de

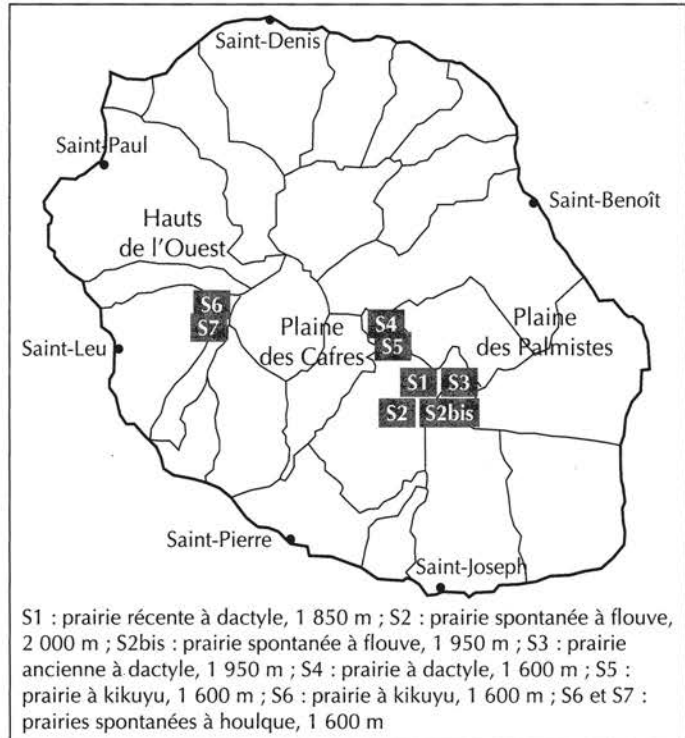


Figure 16.
Localisation
des sites
expérimentaux.

1994, une dose de 250 kilos d'azote par hectare a permis à l'ensemble des sites d'atteindre cette courbe correspondant à une nutrition non limitante.

Contrairement aux graminées tempérées, en saison des pluies, la courbe non limitante établie pour le kikuyu, une graminée tropicale en C₄, est atteinte avec un apport d'azote de 150 kilos par hectare (figure 15b). On peut supposer qu'un apport supérieur d'azote en saison des pluies aurait permis un meilleur ajustement à cette courbe.

Les équations proposées par Salette et Lemaire s'avèrent donc utilisables dans les conditions pédoclimatiques de la Réunion pour caractériser la dilution de l'azote au cours de la croissance des peuplements prairiaux à base de graminées tempérées et tropicales. On observe, pour les sites S6 et S7, un état de nutrition plus élevé et une dilution normale du phosphore au cours de la croissance. Pour les autres sites, la teneur en phosphore s'accroît au cours de la croissance, en relation avec une nutrition phosphatée très insuffisante.

On vérifie que les points successifs correspondent chronologiquement aux coupes t₀ à t₆. Sur les sites S6 et S7, où l'espèce dominante est la houlique, l'apport d'azote conduit à un effet dépresseur sur la teneur en phosphore, lié à une fourniture insuffisante de phosphore par rapport à l'augmentation de la biomasse, la cinétique de dilution est cependant normale. Sur les autres sites, on note le même effet dépresseur de la fertilisation azotée. La très forte indispo-

nibilité en phosphore se traduit par un accroissement anormal de la teneur en phosphore au cours de la repousse, lié à un accroissement du volume racinaire dans le temps. Dans le sol, le phosphore ne se déplace que sur des distances de l'ordre du millimètre (CALLOT *et al.*, 1989), le rhizocylindre est vite épuisé en particulier dans des sols où le phosphore est peu disponible (DURU, 1992a).

Les protocoles expérimentaux n'étant pas conçus pour établir des modèles, pour conforter les traitements graphiques ne figurent que quelques équations obtenues globalement sur les sites expérimentaux en comparaison des modèles de dilution (tableau 13). Ces équations concernent les traitements N1P120 et N1P120Ca, qui ont permis d'atteindre les tracés les plus proches des courbes non limitantes (plantes en C₃ : N (% MS) = 4,8 MS^{-0,32} ; plantes en C₄ : N (% MS) = 3,6 MS^{-0,4}).

Tableau 13. Equations de dilution obtenues sur les sites.

Sites	Type	Equation N % = a MS ^{-b}	r ²
S5 (saison des pluies)	C ₄	N (% MS) = 3,2 MS ^{-0,38}	0,55
Tous sites C ₃ (saison des pluies 1993)	C ₃	N (% MS) = 4 MS ^{-0,49}	0,6
Tous sites C ₃ (saison sèche 1993)	C ₃	N (% MS) = 4,7 MS ^{-0,36}	0,9
Tous sites C ₃ (saison des pluies 1994)	C ₃	N (% MS) = 4,4 MS ^{-0,28}	0,9

Les valeurs des coefficients de dilution *b* traduisent ce qui est constaté graphiquement. Le coefficient est plus élevé pendant la saison des pluies de 1993, alors que les équations de la saison sèche de 1993 et de la saison des pluies de 1994 sont très proches du modèle de référence. Le paramètre *a*, traduisant le potentiel de teneur, apparaît également faible pendant la saison des pluies de 1993 où l'apport d'azote n'a pu satisfaire le potentiel climatique.

Ces données ont permis de calculer le taux apparent d'utilisation de l'azote après l'application d'un engrais azoté, qui s'avère relativement faible. Pour les graminées tempérées, il varie en 1993 de 22 à 30 % pour des apports de 150 kilos d'azote par hectare. En 1994, pour des apports de 250 kilos par hectare, il s'établit à 34 %. Pour les graminées en C₄ comme le kikuyu, il paraît plus faible avec des taux de 20 à 23 %. En plus de la faible minéralisation caractéristique de ces sols, le faible taux apparent d'utilisation de l'azote explique les indices azotés peu élevés constatés dans l'ensemble. Cela conduit à s'interroger sur le devenir de cet azote stocké dans le sol.

LE PHOSPHORE

Conformément aux conclusions de DURU (1992b), les cinétiques de dilution du phosphore et du potassium étant similaires à celle de l'azote, les teneurs en phosphore sont exprimées en fonction de celle de l'azote. L'ensemble permet de mettre en évidence deux schémas d'absorption du phosphore.

La courbe de dilution de l'ensemble des sites traduit un état de nutrition phosphatée très insuffisant pour cinq sites (figure 17). L'apport de 120 kilos de phosphore par hectare n'entraîne pas d'augmentation du prélèvement du phosphore. Cette forte indisponibilité provoque une dynamique d'absorption inhabituelle, illustrée par le cas représentatif du site S3 au cours de la saison des pluies de 1993 (figure 18). En l'absence de fertilisation azotée, la teneur en phosphore est inférieure à la courbe non limitante. L'apport d'azote entraîne alors un effet dépresseur sur la teneur en phosphore. Cela traduit l'incapacité du sol à fournir la demande accrue de phosphore induite par l'élaboration de tissus supplémentaires, malgré un apport de 120 kilos de phosphore par hectare. SALETTE et HUCHE (1991) lèvent facilement une carence en phosphore induite par un apport de 150 kilos d'azote par hectare par une fertilisation phosphatée de 100 kilos par hectare. On constate alors une dynamique d'absorption du phosphore contraire à la dilution. Les teneurs en phosphore augmentent au cours de la croissance sur la courbe de dilution de l'ensemble des sites (figure 17). Dans le cas type S3 (figure 18), on observe une augmentation de la teneur en phosphore dans le temps. La cinétique de dilution croissante au cours de la repousse pourrait être due au fait que l'apport d'azote favorise le développement racinaire au cours de la crois-

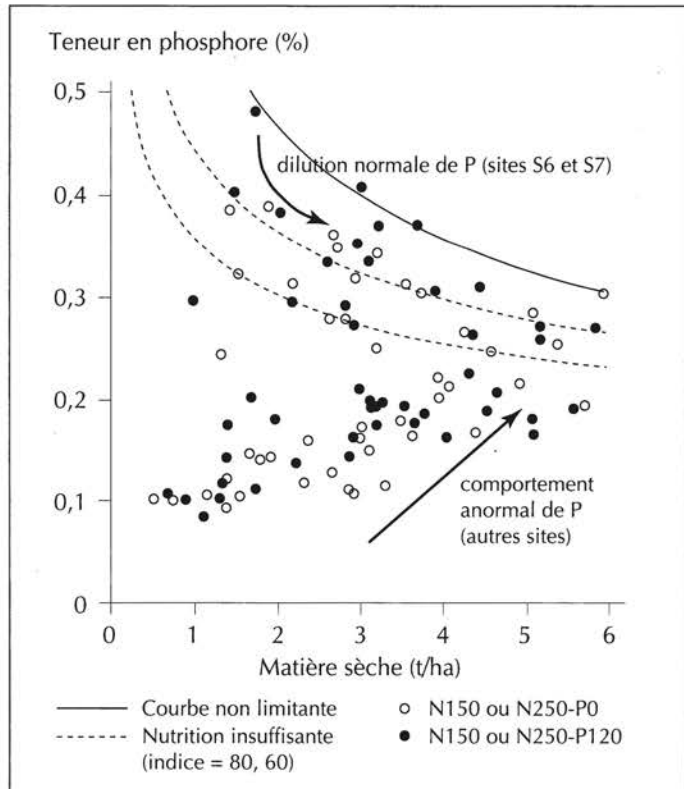


Figure 17. Mise en évidence de la cinétique de dilution de phosphore pour l'ensemble des sites (toutes saisons et années confondues).

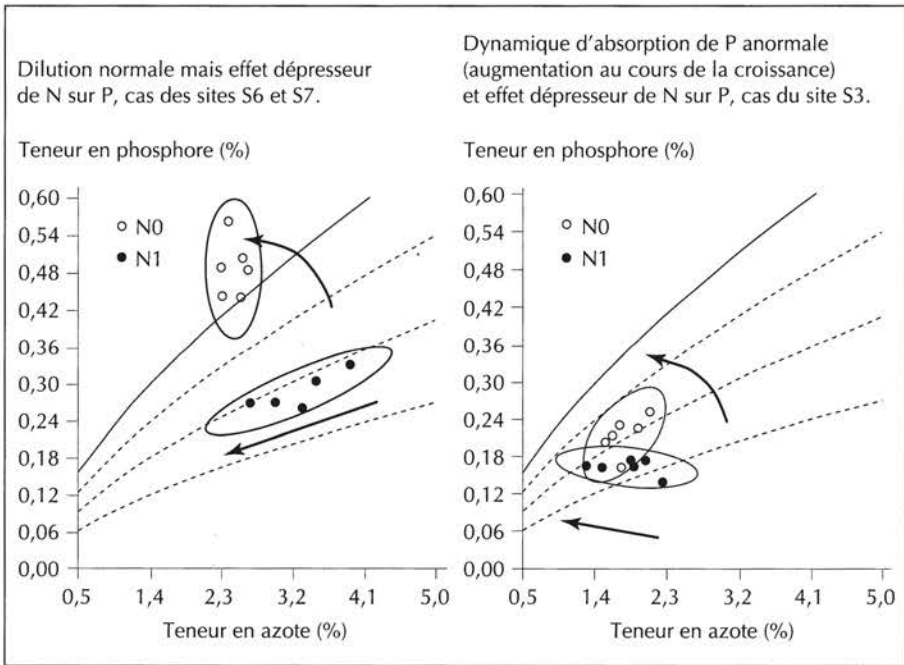


Figure 18. Evolution de la teneur en phosphore en fonction de la teneur en azote dans deux cas types illustrant la figure précédente

sance et améliore l'absorption des ions PO_4^{3-} du fait d'une exploration plus importante de la solution du sol. Le niveau de nutrition en phosphore est beaucoup moins limitant, voire satisfaisant, sur les sites S6 et S7 (figure 17). Bien que situés sur le même type d'andosol que les autres sites, les points suivent un tracé de dilution normale et proche des courbes théoriques du modèle, quel que soit le traitement. On vérifie qu'il y a bien une décroissance de la teneur en phosphore quand celle-ci est exprimée en fonction de l'azote (figure 18).

En l'absence de fertilisation azotée, la teneur en phosphore n'est pas limitante. En revanche, elle le devient si on apporte de l'azote, l'effet dépressif de l'azote est donc toujours très marqué.

De plus, on observe un effet de la saison sur l'absorption du phosphore. Les niveaux de nutrition sont supérieurs d'environ 20 % en saison des pluies, l'effet dépressif de l'azote y est également moins marqué. Une partie du phosphore assimilable provient de la matière organique, le phosphore est assimilable dans la mesure où la matière organique est minéralisée. On constate une baisse de la minéralisation sous prairies en saison fraîche, liée aux baisses de température.

Sur l'ensemble des cycles expérimentaux de 1993 et de 1994, à absorption anormale, on n'observe aucun effet positif de l'apport de phosphore (60 et 120 unités) sur la teneur en phosphore de la biomasse. Seul le site S2bis, sur peuplement spontané à flouve, contredit ce schéma général. Sans antécédent de fertilisation par l'éleveur, sa position défavorable sur les courbes de 1993 et de 1994 reflète le faible niveau de fertilité des andosols désaturés. Le faible niveau azoté et un rendement modéré permettent donc une réponse à une fertilisation phosphatée à forte dose (cumul de deux apports de 120 kilos par hectare). On remarque une augmentation significative du niveau de nutrition en phosphore du site à dactyle S3 en 1994 par rapport à 1993 à la suite de deux apports cumulés de 120 kilos de phosphore par hectare. L'apport d'azote annule totalement ce phénomène. Sur les sites S6 et S7, à nutrition non limitante en phosphore, on note un effet limité de la fertilisation phosphatée sur la teneur en phosphore.

LE POTASSIUM

L'examen de l'ensemble des cycles expérimentaux sur les deux années permet d'identifier deux situations. La première concerne la zone de nutrition potassique excédentaire. Elle correspond aux sites installés sur prairies cultivées, qui bénéficient d'une rente de situation liée à plusieurs années de fertilisation avec un engrais de type 14N-7P-36K. Cet engrais « prairie », classique en métropole, a été préconisé pour compenser les exportations prévisibles de potassium dans des systèmes en voie d'intensification sur des sols désaturés, donc pauvres en bases échangeables (CIRAD, 1988 ; RAUNET, 1991). Cette pauvreté initiale en potassium des andosols désaturés perhydratés est confirmée par la seconde situation, qui se rencontre dans les sites sur prairies spontanées à flouve non fertilisées. Leur position est très en deçà de la courbe non limitante, ce qui traduit des déficits plus ou moins prononcés. L'effet de l'apport de 120 kilos par hectare sur ces sites est très net, il provoque une hausse moyenne de 100 % des teneurs (N0K0 à N0K120). De plus, il n'y a pas d'effet dépresseur en cas de fertilisation azotée (N1K0), la biomasse augmente sans faire baisser la teneur en potassium ; la loi de dilution reste normale.

Le comportement du cation K^+ est donc très différent de celui de PO_4^{3-} dans les andosols étudiés. Le cation K^+ se déplace sur des distances de l'ordre du centimètre (CALLOT *et al.*, 1989), l'enrichissement de la solution du sol permet donc une mise à disposition correcte de cet élément pour le système racinaire. Les quantités de potassium échangeable sont faibles, en relation à une faible capacité d'échange cationique, mais cette carence est facilement compensée par des apports de potassium. On peut en conclure que la cinétique d'absorption du potassium suit la loi normale de dilution.

Sur andosols désaturés, l'apport de potassium est indispensable mais à des doses certainement moindres que celles qui ont conduit à la situation actuelle de consommation de luxe qui caractérise les prairies cultivées.

Le cas particulier du phosphore

L'ÉVALUATION QUANTITATIVE DU PHOSPHORE ASSIMILABLE DU SOL

Les teneurs en phosphore total des sites expérimentaux atteignent de fortes valeurs, de 1 000 à 2 500 parties par million. Comment expliquer alors les nutritions phosphatées très insuffisantes mises en évidence par l'analyse chimique du végétal ? Les méthodes d'extraction du phosphore utilisées en routine dans les analyses de sols évaluent la fraction assimilable du phosphore. Le laboratoire du Cirad à Saint-Denis a adopté la méthode Olsen-Dabin, largement employée pour les sols tropicaux. A première vue, il y a une bonne relation ($r^2 = 0,7$) entre le phosphore estimé disponible par cette méthode et les indices de nutrition minérale calculés par la méthode proposée par DURU (1992a ; 1992b). Les résultats montrent que sa précision diminue dans des situations où le phosphore du sol devient plus disponible pour la plante. Elle semble donc bien apte à déceler les situations de sous-nutrition en phosphore qui prévalent sur andosols. Sur un nombre restreint d'échantillons de sols (16), elle a été confrontée à deux autres méthodes d'extraction moins agressives : la méthode Olsen et une méthode d'extraction douce « à l'eau ». Ces méthodes identifient mieux les sites à nutrition non limitante en traduisant mieux la capacité du sol à fournir du phosphore assimilable. Avant de conclure quant à la méthode la plus efficace dans le contexte local, il sera nécessaire de valider ces résultats sur un plus grand nombre de situations. Cependant, RAUNET (1991) et CHECKOURI (1991) soulignent également les faiblesses de la méthode Olsen-Dabin dans la mise en évidence de carences nutritionnelles en phosphore.

LE POUVOIR FIXATEUR DES ANDOSOLS : LE CAS DES COUVERTS PRAIRIAUX

La méthode de cinétique d'échange isotopique permet de caractériser le pool des ions phosphates assimilés sans avoir à extraire le phosphate du sol, c'est-à-dire sans le modifier (FARDEAU, 1993). La cinétique d'échange, ou délai de disponibilité du phosphore assimilable dans les différents compartiments d'ions PO_4 , varie de 1 minute à plus de 1 an. Le phosphore dans le sol va d'abord remplir les compartiments à long délai puis ceux qui le libèrent plus facilement. Ces processus déterminent le pouvoir fixateur en phosphore d'un sol. Un certain nombre de paramètres permettent de le quantifier (FARDEAU, 1993). Un sol aura un pouvoir fixateur d'autant plus faible que la quantité d'ions phosphates libres dans la solution du sol sera élevée. Ces méthodes ont été appliquées à trois des sites, afin de décrire les différents états du phosphore disponible en relation avec l'indice de nutrition (BLANFORT, 1998).

L'ensemble des sites présente un pouvoir fixateur élevé, ce qui conforte les résultats sur le comportement anormal d'absorption du phosphore mis en évidence sur ces sites. Les sites à houlque S6 et S7 sont les seuls à avoir un faible pouvoir fixateur, ce qui explique que la dynamique d'absorption du phosphore (figure 18) y soit conforme à la loi de dilution proposée par SALETTE et HUCHE

(1991). Ces sites ont fait l'objet d'une fertilisation régulière depuis plusieurs années, ils se différencient donc nettement du site S2bis à flouve, qui n'a jamais été fertilisé. Par rapport au dactyle, la houlque est moins exigeante. Les prairies à houlque sont aussi exploitées de façon moins intensive, les prélèvements de phosphore ont donc pu y être moins forts. Enfin, l'application régulière de fumier est sans doute à l'origine d'un apport plus important de phosphore organique. L'ensemble de ces paramètres confirme le pouvoir fixateur des andosols caractérisant les sites expérimentaux sur lesquels on observe des dynamiques de dilution du phosphore anormales. L'effet du sol est donc clairement démontré par la mise en évidence d'une biodisponibilité très faible de cet élément.

LES FACTEURS D'INDISPONIBILITÉ DU PHOSPHORE DANS LE SOL

Une faible capacité d'échange cationique est l'un des éléments qui concourent à un faible niveau de nutrition phosphatée. La capacité d'échange cationique des andosols est faible au pH bas du sol, ce qui se confirme sur les sites expérimentaux, où elle se situe autour de 10 milliéquivalents pour 100 grammes, pour des pH de 4,5 à 5,9. La capacité de fixation de l'ion PO_4 sur le complexe argilo-humique est donc déjà limitée. Conformément à d'autres auteurs (FRITZ, 1967 ; TRUONG *et al.*, 1974), la présence d'aluminium échangeable sur les sites étudiés serait aussi responsable du pouvoir fixateur des sols. On constate une relation ($r^2 = 0,76$) entre la baisse de la nutrition en phosphore et l'augmentation de la teneur en aluminium échangeable elle-même liée à la baisse du pH. La présence d'aluminium échangeable sur andosols serait liée à un pH égal ou inférieur à 5 (RAUNET, 1990). Les ions Al^{3+} constituent des sites de pièges pour le phosphore sous forme d'hydroxydes d'aluminium et de silicates d'alumine.

L'EFFET DU CHAULAGE

Sur l'ensemble des sites expérimentaux, aucun effet significatif de l'apport de 1,5 tonne de chaux par hectare n'a été observé sur la teneur en phosphore. La faible durée des expérimentations (apport cumulé sur deux ans) n'a pu lever les phénomènes de blocage du phosphore qui viennent d'être décrits. Il n'en demeure pas moins qu'avant toute fertilisation, il convient de relever le pH du sol au-dessus de 5,5 par des apports de chaux magnésienne : 1 tonne par hectare à la création de prairies et 500 kilos par hectare en entretien, en mai et en juin (BLANFORT et THOMAS, 1997). C'est la condition indispensable d'une bonne assimilation des engrais.

Les résultats permettent de considérer que la loi de dilution du phosphore proposée par SALETTE et HUCHE (1991) est utilisable dans les conditions locales de l'île. Les sites sur lesquels la loi s'applique parfaitement sont des sites à faible pouvoir fixateur du phosphore. Les autres sites, sur lesquels des distorsions importantes sont apparues, sont des sols à pouvoir fixateur élevé.

L'effet de la fertilisation azotée sur la flore prairiale

Les relevés floristiques, réalisés par la méthode des relevés linéaires points quadrats sur sept cycles d'observation, n'ont concerné que l'effet de l'apport d'azote sur la composition floristique de la végétation. La ressource azotée étant la plus marquante pour la croissance d'un peuplement prairial, elle constitue le facteur de compétition prédominant à court terme. Pour le phosphore et le potassium, la question sera abordée plus loin par une analyse comparative à l'échelle de la parcelle. La fertilisation azotée joue plus sur la biomasse des espèces que sur leur présence. Dans l'ensemble, l'apport d'azote augmente en moyenne de 50 % la proportion de graminées et diminue de 100 % celle des cypéracées et des dicotylédones. Les graminées fourragères comme le dactyle et le kikuyu sont deux fois plus abondantes dans les parcelles traitées à l'azote, de même que la flouve. Sans apport d'azote, le nombre d'espèces augmente, la biomasse des graminées prairiales spontanées, comme *Danthonia decumbens* et *Paspalum dilatatum*, est multipliée par deux, ainsi que celle des cypéracées comme *Carex flava*, les dicotylédones sont cinq fois plus abondantes.

A l'échelle d'un cycle d'observation de quelques mois, l'apport d'azote est donc déterminant pour la qualité et la diversité de la flore prairiale. Sur prairie cultivée, un niveau élevé de nutrition minérale azotée tend à privilégier les espèces les plus exigeantes au détriment des accompagnatrices et des adventices.

La gestion agroécologique des prairies

Vincent Blanfort, Patrick Thomas,
Olivia Fontaine, Expédit Rivière

De 1992 à 1996, le Cirad-Elevage a mené des recherches sur la gestion des pâturages en relation avec les pratiques des éleveurs. Elles visaient à élaborer une méthode qui permette d'aboutir à des propositions techniques pour la gestion des prairies. Leur objectif était d'améliorer l'alimentation des animaux au pâturage tout en assurant la pérennité des ressources fourragères. Les outils d'aide à la décision qui en sont issus ont été transférés aux organismes de développement en 1996, afin qu'ils les mettent à la disposition des éleveurs. Les résultats sont présentés selon un schéma correspondant aux différentes phases qui ont structuré ces recherches et leurs applications. L'étude de la diversité de la composition botanique des prairies a permis d'identifier, à l'échelle des ensembles pastoraux, les facteurs responsables sur le long terme de la structure de la végétation prairiale, de sa diversité et de sa dynamique d'évolution. Une modélisation réalisée au sein de dispositifs expérimentaux a porté sur les processus biologiques relevant du court terme et régissant la croissance et la nutrition minérale de l'herbe. Les indicateurs, comme la composition botanique, la nutrition minérale et la hauteur d'herbe, utilisés à l'échelle de la parcelle mettent en évidence l'effet des pratiques sur la végétation ; c'est une étape charnière. L'exploitation agricole est considérée comme le niveau clé de l'enregistrement et de l'analyse des pratiques. La mise en œuvre simultanée, à cette échelle, des trois outils de diagnostic montre comment différents pilotages de la sole herbagère peuvent conduire à des équilibres très différents entre la production et la consommation du troupeau.

Les systèmes herbagers d'altitude peuvent se définir comme des systèmes d'exploitation pastoraux consacrés à l'élevage de bovins sur la base de cou-

verts prairiaux herbacés extensifs ou cultivés, pâturés ou récoltés. La « culture » de l'herbe s'est substituée à l'usage exclusif de parcours extensifs dans un laps de temps relativement court, en moins de vingt ans. Les éleveurs ont alors été confrontés aux problèmes de la gestion et de l'exploitation de leurs prairies avec pour finalité de bien nourrir leurs animaux tout en conservant des pâturages en bon état.

Les prairies occupent, en fonction de l'altitude, qui va de 400 à 2 000 mètres, des milieux écologiques variés, tropicaux et tempérés (voir le chapitre « Le contexte écologique »). Elles sont aussi le reflet de systèmes de production en voie d'intensification récente fondés sur des modèles métropolitains mais fonctionnant selon des schémas socio-économiques qui leur sont propres. Leur diversité va donc au-delà de la composition floristique. Les facteurs agissant en interaction sur la végétation prairiale sont nombreux et d'origine variée (le milieu, les pratiques des éleveurs). L'ensemble crée une complexité qui rend difficile le conseil aux éleveurs dans le domaine de la gestion des ressources herbacées.

Le travail entrepris répondait donc à des préoccupations de développement et partait de deux constats établis au sein des systèmes herbagers allaitants naisseurs et laitiers. Du fait de rythmes biologiques saisonniers très contrastés, la production d'herbe, irrégulière en quantité et en qualité au cours de l'année, entraîne des situations de déséquilibre entre l'offre alimentaire et la demande du troupeau. La forte disponibilité en herbe lors de la saison des pluies est mal maîtrisée, alors que le ralentissement, voire l'arrêt, de la croissance végétative en saison fraîche peut entraîner des situations de déficit fourrager. On observe, d'autre part, une dégradation des prairies semées et, plus généralement, une fragilité des pâturages dans le temps — prairies cultivées, parcours... — dans un milieu à fortes contraintes. Cette situation entraîne à moyen terme une dévalorisation de la ressource fourragère et, par voie de conséquence, une perte économique : baisse de qualité des pâturages, nécessité de rénover les prairies.

La démarche et les méthodes retenues

Les recherches se situent dans le prolongement des celles sur l'aspect agronomique de la production fourragère. L'approche retenue relève de l'agroécologie, science des systèmes écologiques modifiés par des pratiques agronomiques, où les processus de décision de l'agriculteur tiennent une place prépondérante (figure 19). Elle replace son objet dans un contexte et son objectif essentiel réside dans la viabilité économique et la pérennité des systèmes agraires (INRA, 1994). Une démarche « recherche système » a donc été adoptée. Elle associe plusieurs disciplines et se déroule en milieu réel avec la participation des éleveurs et de l'encadrement technique (Chambre d'agriculture, Union des Afp). Ces travaux ont été menés en collaboration avec le groupe de recherche sur les systèmes agraires et le développement de l'Inra.

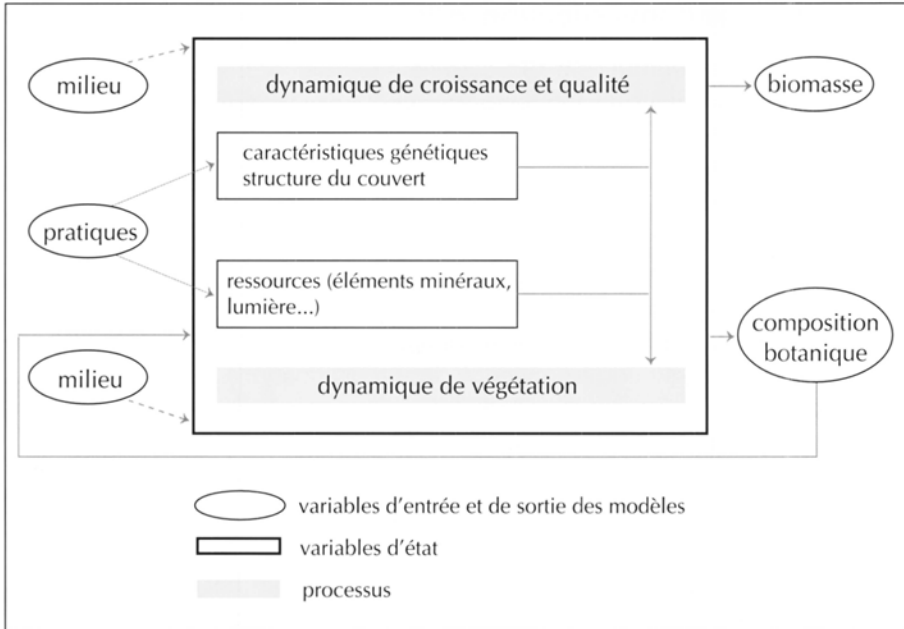


Figure 19. La mise au point d'indicateurs permettant de caractériser l'état du couvert végétal à des fins de diagnostics repose sur un modèle agroécologique avec en variable d'entrée des pratiques et en variable de sortie les ressources que gèrent l'éleveur. Ces indicateurs constituent des références pour orienter les pratiques dans un sens favorable à la production et doivent être suffisamment simples pour être opératoires, d'après INRA (1994).

Connaître le fonctionnement des prairies

La productivité, la qualité de l'herbe et la composition floristique des couverts prairiaux dépendent des pratiques des éleveurs — mode d'exploitation, fertilisation, entretien... — et des paramètres du milieu, comme le climat et le sol, plus ou moins contraignants. Il est donc important d'identifier les facteurs qu'il sera possible ou non de modifier pour maîtriser la production et l'évolution d'une prairie.

Les processus biologiques qui permettent de passer d'un état à un autre de la végétation prairiale se déroulent selon plusieurs échelles de temps. La composition botanique relève de pas de temps annuels. Sur des pas de temps quotidiens, la production d'herbe est liée aux caractéristiques du sol et à la composition botanique, mais aussi aux pratiques d'exploitation et d'entretien, comme la fertilisation.

« Face à cette complexité, la première des choses est de comprendre comment s'organisent entre elles ces différentes dimensions à l'aide d'une vue d'ensemble du fonctionnement des prairies » (BALENT *et al.*, 1993).

Les méthodes d'investigation

Les prairies sont assimilées à des systèmes écologiques pilotés, structurés, organisés, qui évoluent en interagissant avec leur environnement. L'homme par ses animaux et ses pratiques en conditionne le fonctionnement (VAN DYNE, 1980; BALENT, 1987).

Dans le cadre d'un suivi d'exploitation, des pratiques d'utilisation et d'entretien des pâturages ont été enregistrées et confrontées à des mesures réalisées au moyen d'indicateurs biologiques fondés sur la composition botanique, la nutrition minérale et la hauteur d'herbe des prairies (figure 20). Ces indicateurs permettent de quantifier les processus biologiques régissant le fonctionnement du système prairial qui correspondent à des préoccupations de gestion des systèmes fourragers (BLANFORT *et al.*, 1995). La mesure de l'écart à un fonctionnement de référence constitue alors le diagnostic proprement dit.

L'assimilation du système végétation-pratiques-milieu à un système écologique géré par des activités d'élevage se fonde sur l'existence de plusieurs niveaux d'organisation auxquels correspondent des processus biologiques et techniques qui en conditionnent le fonctionnement. Les investigations ont donc été menées à ces différentes échelles. Elles couvrent deux grandes zones d'élevage — la Plaine des Cafres et les Hauts de l'Ouest — où ont été suivies six exploitations composées d'une centaine de parcelles, sur lesquelles ont porté les diagnostics. Plus de 300 relevés floristiques ont été réalisés. Sept sites d'expérimentation ont contribué à la modélisation des processus biologiques du couvert prairial. La démarche et les étapes des investigations sont synthétisées sur la figure 21.

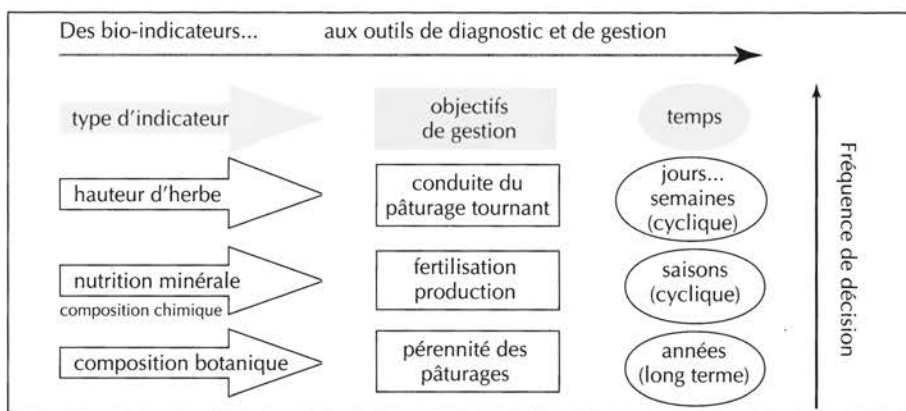


Figure 20. Les bio-indicateurs mobilisés constituent des outils de diagnostic liés à des objectifs de gestion, respectivement, la pérennité des prairies, la fertilisation, l'utilisation de la biomasse produite. La démarche est donc finalisée dans le sens où ces indicateurs répondent directement à des objectifs de gestion à différentes échelles de temps du système fourrager (BLANFORT *et al.*, 1995). L'ensemble vise à élaborer des outils de diagnostics prairiaux qui soient opérationnels pour une aide à la décision concernant la gestion des prairies au sein des systèmes fourragers.

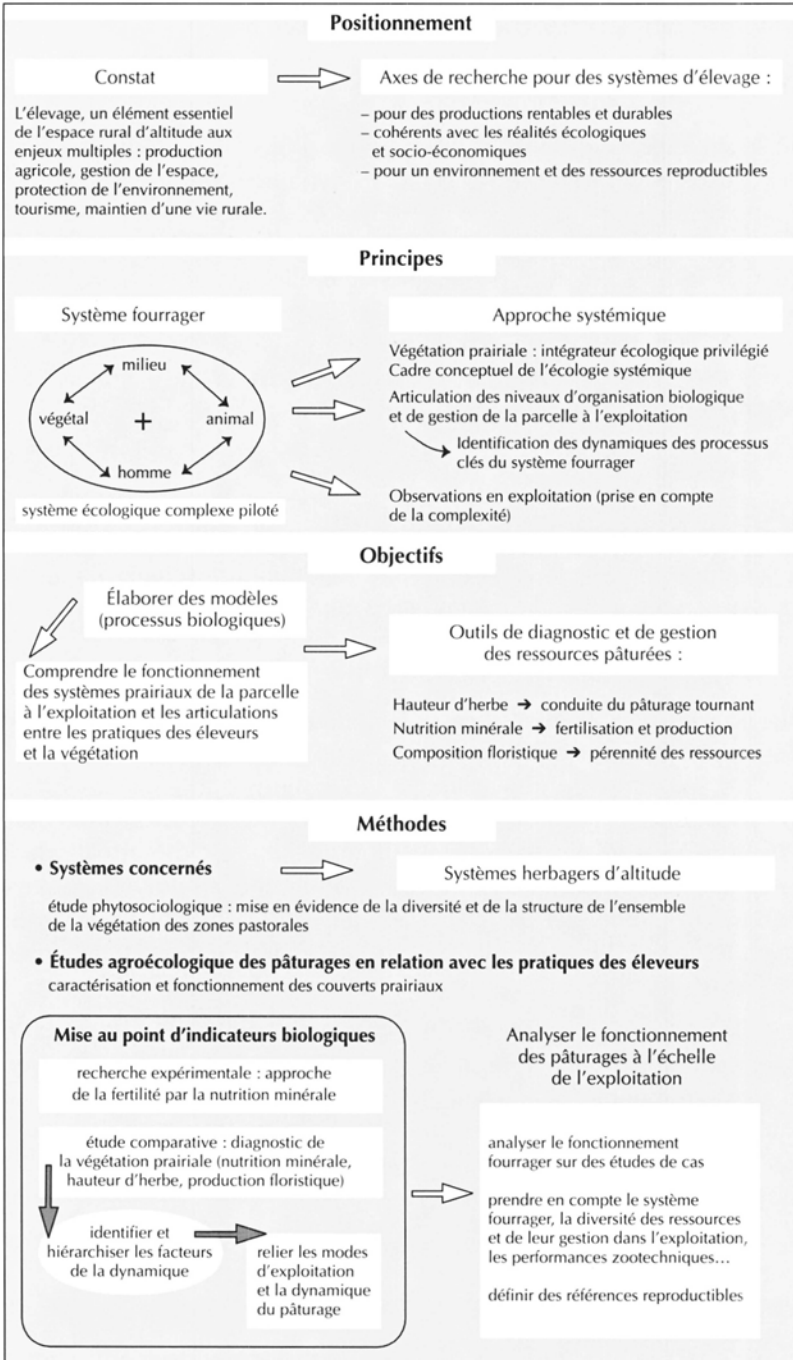


Figure 21. Synthèse de la démarche et des méthodes : comment analyser du biologique pour gérer du vivant, dans des systèmes écologiques modifiés par des pratiques agronomiques ?

La modélisation des trajectoires d'évolution de la végétation

L'indicateur biologique utilisé, la composition floristique, permet de reconstituer sur plusieurs décennies les trajectoires évolutives de la végétation pastorale d'altitude (BLANFORT *et al.*, 1997 ; 1998). Ces dernières montrent l'influence dominante des facteurs anthropiques de mise en valeur, en interaction avec des contraintes du milieu d'ordre pédoclimatique, qui structurent la végétation au sein des deux grands ensembles écologiques étudiés (THOMAS, 1994 ; BLANFORT, 1998). Cette approche phytosociologique de la végétation établit les étapes successives de l'intensification des pâturages depuis les végétations naturelles jusqu'aux prairies les plus intensives.

L'observation et l'analyse de la flore

Sur plus de 300 relevés de végétation, l'échantillonnage synchronique adopté permet d'observer au même moment et de comparer des parcelles d'un même type mais d'âge différent qui ont été soumises à divers itinéraires d'installation et à une large gamme de pratiques.

Les observations sur la composition botanique relèvent d'une approche phytosociologique selon les techniques proposées par Braun-Blanquet (GUINOCHET, 1973). Elles consistent en une estimation globale de l'abondance-dominance de toutes les espèces présentes sur la station considérée, c'est-à-dire sur une surface de végétation floristiquement homogène. Les identifications botaniques ont été confirmées par Jean-Pierre Lebrun du laboratoire d'agropastoralisme du Cirad. Un herbier de référence a été ainsi constitué sur la flore prairiale de la Réunion, il est consultable à la station du Cirad de la Ligne-Paradis, à Saint-Pierre.

Les méthodes statistiques utilisées, qui font appel à l'analyse factorielle des correspondances, permettent de situer les relevés de végétation, ou stations, le long d'axes représentant les facteurs dominants, selon la position de chacune des espèces. A partir du nuage de points ainsi obtenu, des méthodes de classification conduisent à regrouper les stations ayant des ressemblances pour constituer des types de végétation.

La reconstitution de la dynamique des zones pastorales

La figure 22 présente les résultats de l'analyse factorielle des correspondances appliquée à la végétation des zones pastorales. L'axe 1 correspond à un facteur global d'intensification, l'axe 2 porte des informations plus directement liées au milieu : critères d'ordre climatique, gradient d'hydromorphie.

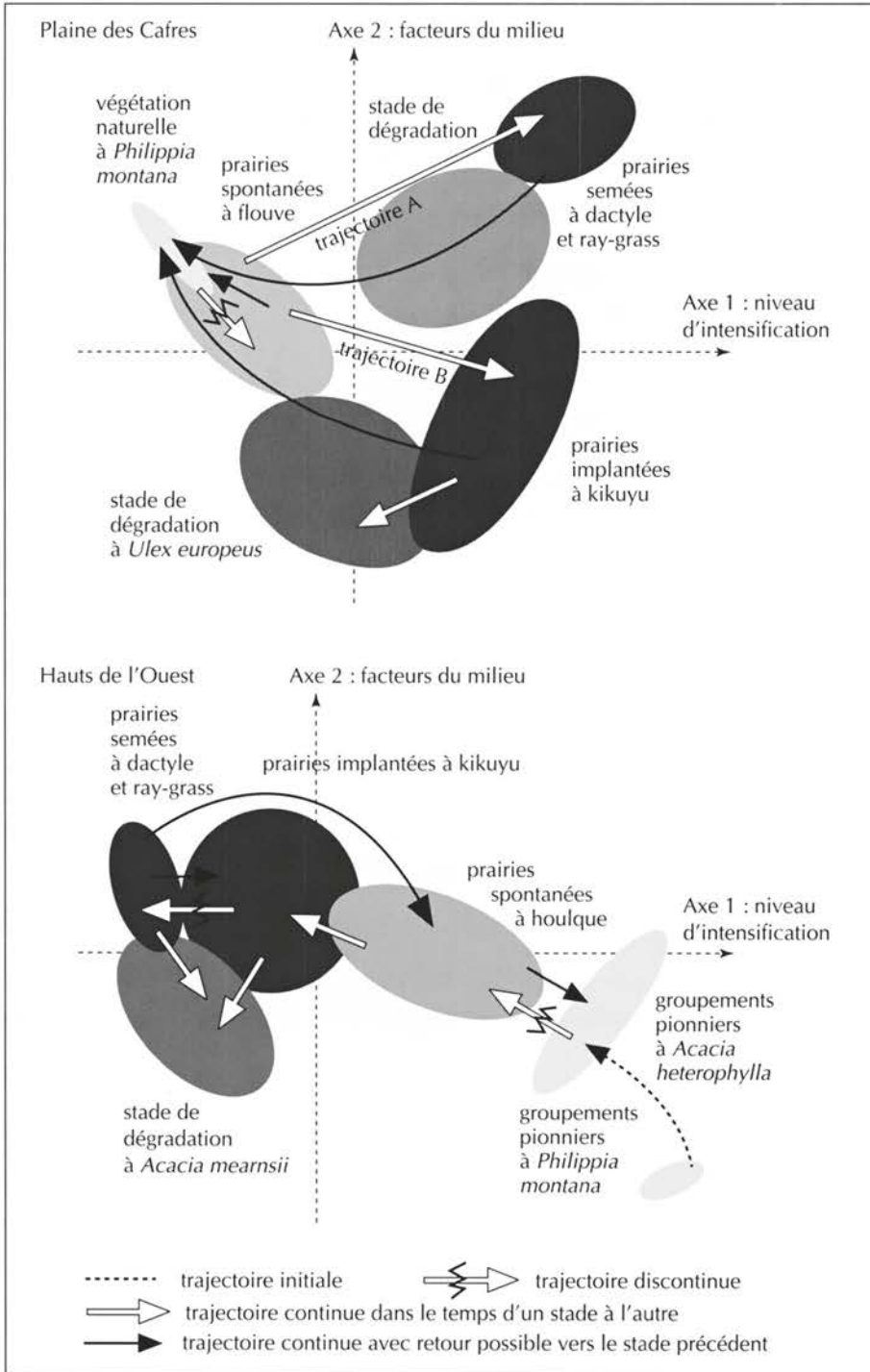


Figure 22. Trajectoires d'évolution des zones pastorales au cours du temps.

LA PLAINE DES CAFRES

A la Plaine des Cafres, au début des années 80, le défrichement manuel de la végétation naturelle à *Philippia montana*, qui constituait les anciens parcours extensifs, a entraîné l'installation progressive d'une espèce prairiale exotique, la flouve, *Anthoxanthum odoratum*. Ces deux types apparaissent stables d'un point de vue écologique et présentent une diversité écologique intéressante avec des espèces endémiques. La nécessité d'accroître les productions a ensuite entraîné une intensification brutale, qui a abouti à des prairies artificielles de meilleure valeur agronomique. Au sein de ce schéma global, on observe deux trajectoires d'évolution.

Dans la trajectoire A, le recours à des espèces tempérées exigeantes comme *Dactylis glomerata* et *Lolium perenne* conduit à des groupements très performants du point de vue agronomique mais très instables : prairies semées à dactyle et à ray-grass. En l'absence de pratiques adaptées, on observe une dégradation progressive de ces prairies intensives, qui passent par des stades intermédiaires pour revenir au type à prairies spontanées plus en équilibre avec le milieu. Une retour complet à la végétation naturelle est même possible.

Dans la trajectoire B, l'espèce d'intensification dominante est le kikuyu, *Pennisetum clandestinum*, une espèce plus robuste qui constitue des couverts herbacés plus stables ; le retour vers la série à flouve est beaucoup plus rare dans ce cas. Les formes de dégradation observées conduisent plutôt à des stades irréversibles par une colonisation progressive de l'ajonc, *Ulex europaeus*, quand il est présent dans la zone. Cette peste végétale a été introduite au début du siècle et constitue des sites potentiels de colonisation préoccupants dans certaines zones de la Plaine des Cafres, en particulier dans la zone du Biberon traitée dans cette analyse, et des Hauts de l'Ouest.

LES HAUTS DE L'OUEST

L'histoire de l'aménagement agricole des Hauts de l'Ouest est plus complexe et plus ancienne. Elle débute par des groupements pionniers de ligneux endémiques, *Philippia montana* puis *Acacia heterophylla*. Dès la fin du XIX^e siècle, cette zone a été progressivement défrichée afin de cultiver le géranium rosat et de produire de l'essence à parfum. A partir de 1950, les premières prairies ont été créées en déboisant les friches abandonnées à *Acacia mearnsii*, introduit d'Australie en 1887 comme essence tanifère. Ces prairies à houlque, *Holcus lanatus*, correspondent actuellement à la formation herbacée subsponnée après défrichement.

Dans un deuxième temps, certaines prairies ont été enrichies par le kikuyu, pour constituer des prairies implantées. Le kikuyu a alors colonisé la plus grande partie des surfaces prairiales. C'est actuellement l'espèce fourragère d'intensification la plus répandue dans la zone. L'intensification s'est poursuivie avec des prairies semées à *D. glomerata* et *L. perenne*. La trajectoire

dominante de la dynamique prairiale s'oriente alors vers une phase de dégradation plus ou moins poussée des prairies intensifiées, avec comme stade ultime l'invasion par *A. mearnsii*. Le retour complet à la friche à *A. mearnsii* est considéré comme un stade de blocage irréversible puisque seule une intervention lourde de l'homme permet alors de réhabiliter les parcelles. Ce ligneux est devenu envahissant dans les années 50, quand il a spontanément colonisé les terres en jachère qui faisaient suite aux cultures de géranium (J. Tassin, comm. pers.). Actuellement, l'espèce descend vers la mer et colonise les terrains de culture laissés à l'abandon.

La mobilisation des référentiels floristiques

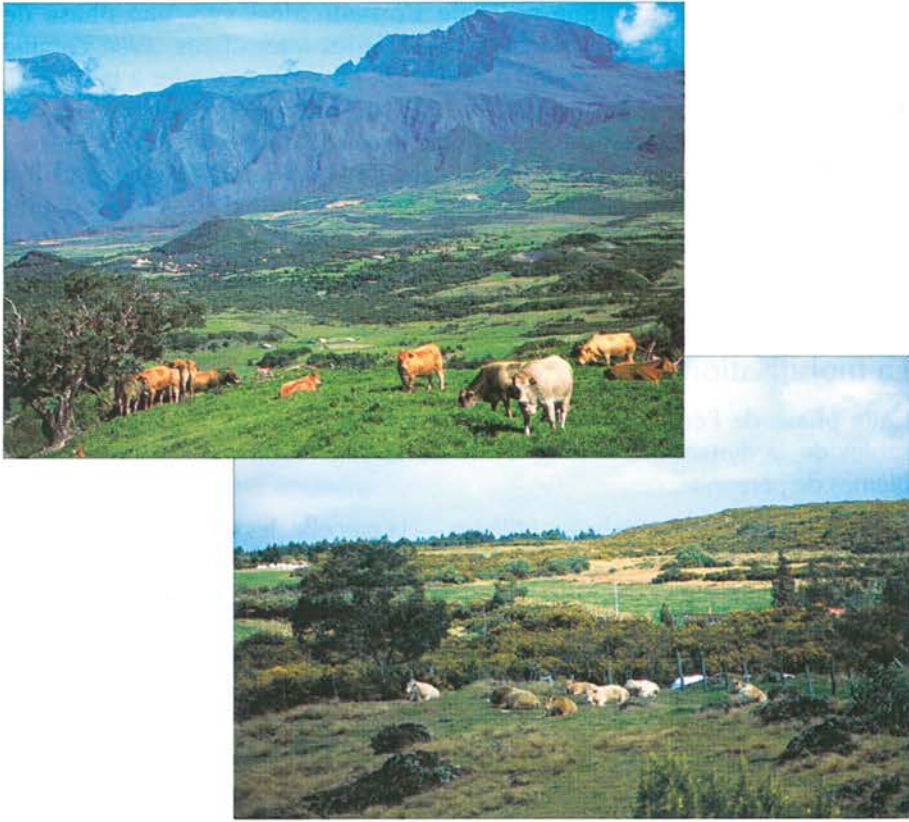
Cette phase de l'étude consiste à mettre en évidence les processus responsables de la dynamique à long terme de la végétation révélatrice des problèmes de pérennité.

La complémentarité des échelles utilisées — la parcelle, les espaces pastoraux — permet de comprendre l'incidence des aménagements et des modes de gestion des exploitations d'élevage sur la dynamique et la biodiversité des unités de paysage. Les résultats fournissent également des informations sur les facteurs du milieu et l'écologie des espèces. On retiendra notamment que les facteurs écologiques les plus gênants pour l'intensification des prairies sont la topographie, l'humidité du sol et les antécédents culturels.

L'enjeu du développement des Hauts de la Réunion est double : il consiste à maîtriser la gestion des ressources fourragères pour améliorer la compétitivité des exploitations d'élevage, mais il doit aussi contribuer à la protection et la valorisation des paysages ruraux dans cette zone fragile, aux vocations multiples. Il s'agit de fournir des outils d'aide à la décision utiles aux éleveurs tout en participant plus largement aux objectifs d'aménagement des Hauts — c'est une dimension à laquelle ces recherches font implicitement référence, sans en faire cependant un objet d'étude central.

Les processus de dégradation et de fragilisation de la végétation pastorale identifiés ne sont pas forcément suivis par une « remontée » de la valeur biologique. Dans ce milieu insulaire à taux d'endémisme élevé, les pratiques de pâturage mal maîtrisées favorisent le développement d'espèces exotiques envahissantes, qui bloquent les possibilités de retour à la végétation naturelle et constituent un danger potentiel pour la conservation du patrimoine génétique local.

Pour gérer l'espace grâce aux activités pastorales, il est absolument nécessaire de tenir compte des évolutions à long terme de la végétation, que ce soit dans le passé, en analysant l'histoire de la mise en valeur d'un territoire, ou dans le futur, en anticipant les évolutions possibles à partir de modèles de dynamiques de végétation qui intègrent les caractéristiques des paysages (BALENT *et al.*, 1998).



*L'élevage bovin constitue une activité agricole dynamique, essentielle dans le monde rural des Hauts, ici à la Plaine des Cafres. Les systèmes herbagers, extensifs ou intensifs, sont l'une des composantes de l'aménagement du territoire et de la protection de l'environnement et participent à une activité en plein essor, le tourisme, en contribuant à la diversité et à la qualité paysagère de la montagne réunionnaise. Ces zones pastorales sont cependant fragiles. Leur évolution peut conduire à un envahissement par des pestes végétales, qui pourrait s'avérer dangereux pour les milieux naturels. A la Plaine des Cafres et dans les Hauts de l'Ouest, deux pestes végétales prédominent dans les prairies, *Ulex europaeus* et *Acacia mearnsii* (photos V. Blanfort).*

La modélisation des processus biologiques : nutrition minérale et croissance de la végétation

Les processus d'élaboration de la biomasse aérienne sont abordés ainsi que l'utilisation de la hauteur d'herbe en tant qu'indicateur de la masse d'herbe. L'objectif consiste à établir des références sur les processus de croissance afin

d'apprécier, dans la démarche de diagnostic, les différences de disponibilité et de croissance de l'herbe qui sont induits essentiellement par les modes d'exploitation.

Les trois indicateurs présentés — la composition floristique, le diagnostic de nutrition minérale et celui de l'utilisation de la biomasse — constituent des outils complémentaires. Confrontés aux modes de conduite de l'éleveur, ils aboutissent à caractériser l'équilibre ou le déséquilibre entre la production d'herbe et sa consommation par le bétail. Ces diagnostics aident à modifier cet équilibre pour réguler la qualité et les quantités de biomasse disponible tout en assurant un équilibre stable de la flore.

Le dispositif d'étude à l'échelle de la plante

Des références sont établies sur la croissance de quatre grands types de peuplement prairial : les prairies intensives à dominante de dactyle (à 1 600 mètres d'altitude) ou de kikuyu (à 1 500 mètres), les prairies dites « naturelles » ou spontanées à dominante de houlque (à 1 400 mètres) ou de flouve (à 1 600 mètres).

La dynamique d'accumulation de la biomasse a été étudiée sur les dispositifs expérimentaux utilisés pour l'étude de la nutrition minérale à partir des mêmes coupes d'herbe et selon le protocole décrit précédemment. Pour les espèces tempérées, les recherches ont bénéficié d'acquis sur la plante modèle qu'est le dactyle (CALVIÈRE, 1994). Pour le kikuyu, les références restent très fragmentaires (KOSTER *et al.*, 1992 ; VAN DER GRINTEN *et al.*, 1992 ; DUGMORE *et al.*, 1996). Les recherches se sont aussi appuyées sur un certain nombre de travaux locaux (GILIBERT, 1981 ; BIGOT et FONTAINE, 1988 ; MICHELON et TECHER, 1996).

La mesure indirecte de la biomasse aérienne herbacée, par l'intermédiaire la hauteur d'herbe, offre de nombreux avantages. C'est une méthode non destructive et rapide, qui autorise de nombreuses mesures. Un herbomètre électromécanique a été adopté : le *sward-stick* automatique (BOSSUET *et al.*, 1992).

Les références locales sur la croissance de l'herbe

Les modèles établis graphiquement expriment la croissance en fonction des sommes de températures, $MS = f(\sum\theta)$. Comparée à un modèle en nombre de jours de repousse, l'expression du temps en degrés-jours permet d'intégrer une variable clé de la croissance et de comparer plus aisément les saisons (figures 23 et 24).

L'allure des courbes de croissance des graminées tempérées est semblable à celle qui a été établie pour la plante modèle qu'est le dactyle (DURU et CALVIÈRE, 1993) selon les phases successives définies sur la figure 23. DURU et CALVIÈRE (1993) ont montré qu'après une coupe ou un pâturage, il apparaît une feuille tous les 100 à 150 degrés de somme de températures. Selon les espèces, chaque feuille commence alors sa sénescence vers 400 à 600 degrés-

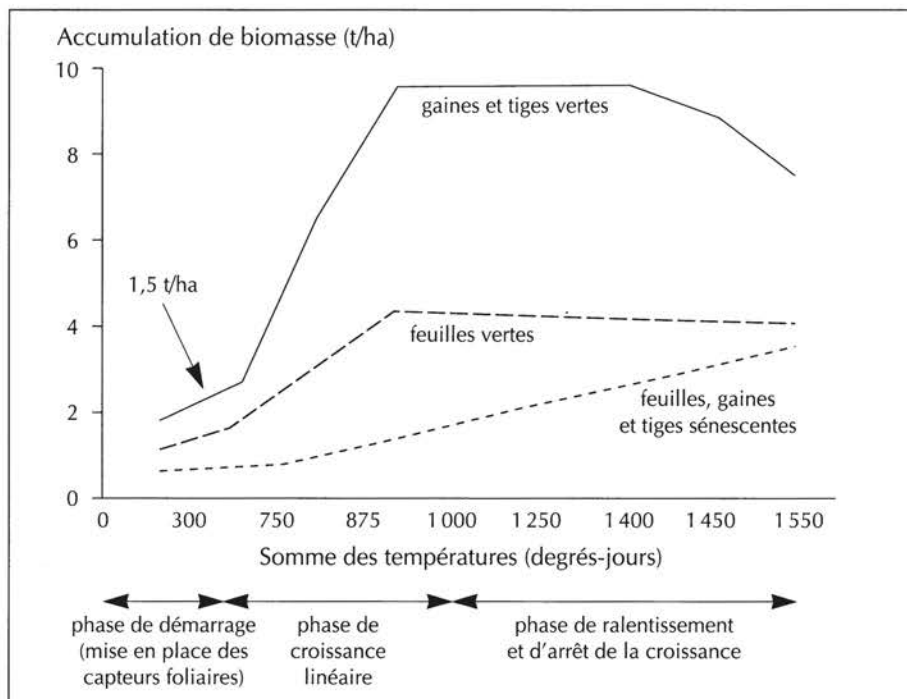


Figure 23. Schéma type de la croissance d'une prairie à dominante de graminées. La première phase correspond à la mise en place des feuilles. Lors de la deuxième, la croissance liée au rayonnement est la plus forte. Dans la troisième, le flux de biomasse ralentit alors que le flux de matériel sénescent augmente, d'après CALVIÈRE (1994).

jours pour la terminer entre 700 et 900 degrés-jours, et la floraison se situe entre 800 et 1 100 degrés-jours. Cette phase correspond à l'arrêt de la production de feuilles, avec l'apparition d'un seuil de sénescence, visualisé par l'inflexion des courbes de croissance. L'apparition de ce seuil pour le kikuyu, graminée tropicale, est légèrement décalée vers 1 100 degrés-jours.

Les conséquences pour la conduite du pâturage

La composition de la biomasse lors d'une exploitation dépend de la phase de croissance, et donc en grande partie de la durée de la repousse, mais également du type de prairie, de l'état après exploitation et de la saison.

Dans le cadre d'une utilisation intensive de l'herbe, la mise en exploitation d'une prairie devrait ainsi s'effectuer à la date la plus proche possible de la mise en place des feuilles et, en tout cas, avant que le flux de sénescence ne soit trop important. A la Réunion, dans le cas d'une gestion plus « sécurisée », l'utilisation de l'herbe est partielle, soit du fait de longs intervalles entre deux utilisations, soit parce qu'une partie de l'herbe n'est pas consommée.

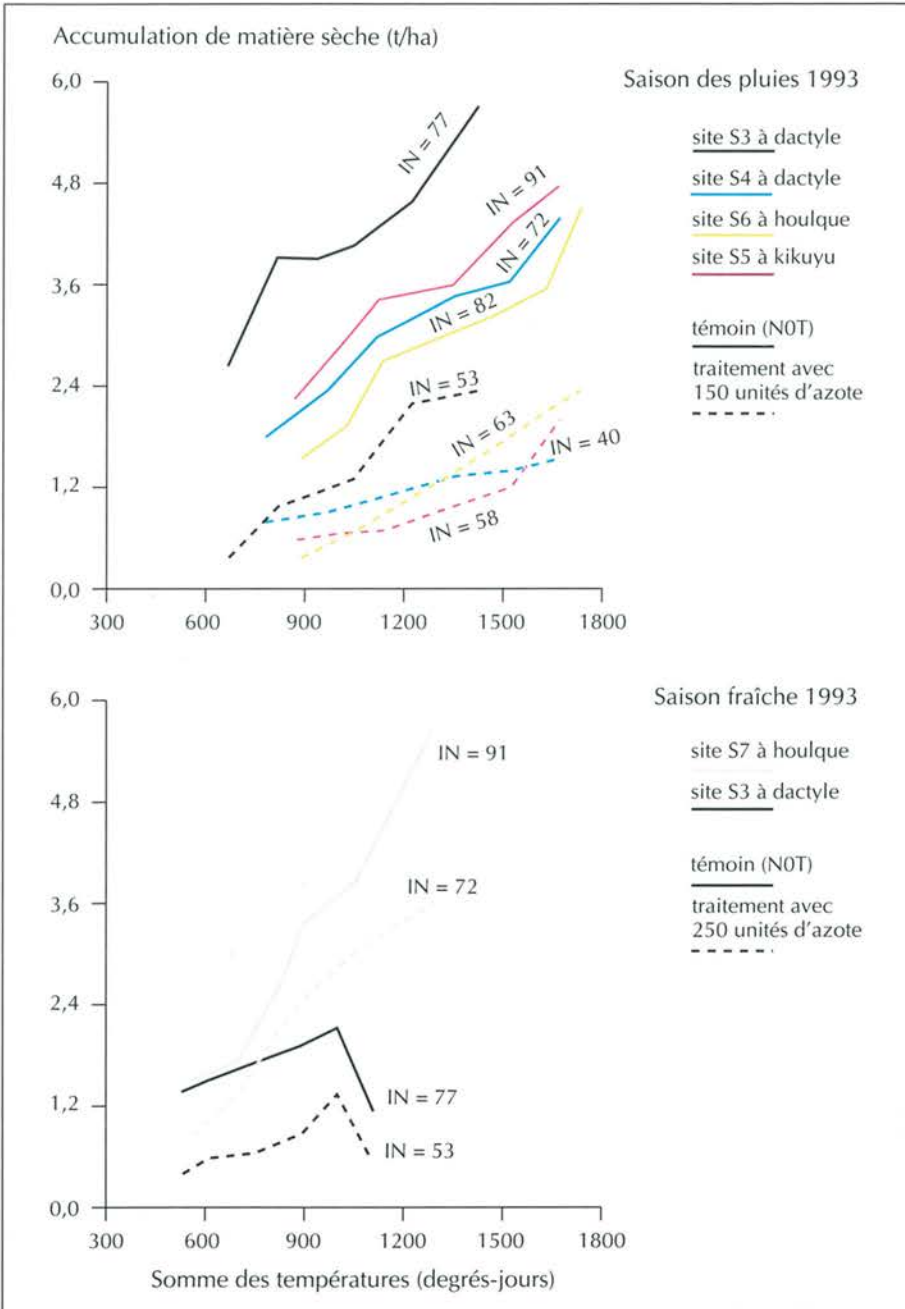


Figure 24. Accumulation de la matière sèche en fonction des sommes de températures (cumul des sommes de températures en nombre de degrés-jours à compter de la repousse) et du niveau de nutrition azotée pour les différents types de couverts prairiaux (température moyenne quotidienne en saison des pluies : 15 °C, en saison fraîche : 11 °C).

Dans la pratique, les pertes par sénescence ne peuvent être totalement évitées au pâturage. Elles peuvent cependant être raisonnées selon la saison. Une exploitation partielle qui laisse des feuilles hautes permet de capter rapidement le rayonnement solaire en favorisant une repousse rapide en saison fraîche. Mais, en saison des pluies, elle peut entraîner de fortes pertes par sénescence et une baisse de la qualité de l'herbe offerte. Une utilisation plus intensive où les feuilles sont complètement prélevées va limiter ces pertes mais diminuer les capacités de repousse et souvent les quantités ingérées s'il y a surpâturage.

Un système herbager peut donc fonctionner entre ces deux types de gestion. Les références obtenues dans les expérimentations font suite à une fauche de régularisation correspondant à une situation intermédiaire de récolte partielle des feuilles à faible hauteur. L'identification des différentes phases de croissance permet donc de caler quelques seuils clés correspondant à une conduite « moyenne » de pâturage, qui vise un compromis, pour la zone d'altitude comprise entre 1 000 et 1 800 mètres, où ces références ont été établies.

La fin de la mise en place des capteurs foliaires correspond à une date d'exploitation souhaitable. Elle se situe vers 4 semaines en saison des pluies et 6 semaines en saison fraîche pour les graminées tempérées. Pour le kikuyu, en saison des pluies, ce seuil se situe entre 3 et 4 semaines et, en saison fraîche, vers 6 semaines.

Ces seuils sont compatibles avec les résultats de GILBERT (1981) ainsi qu'avec ceux de BIGOT et FONTAINE (1988) et de MANDRET *et al.* (1996), qui préconisent des temps de croissance liés à une bonne qualité alimentaire des fourrages. Les temps de croissance qu'il ne faudrait pas dépasser eu égard aux valeurs des matières azotées totales et de digestibilité se situent vers 3 semaines pour le dactyle et 5 semaines pour le kikuyu en saison des pluies. En saison fraîche, ils atteignent 5 semaines pour le dactyle et 8 semaines pour le kikuyu.

L'apparition du seuil de sénescence représente la limite de temps de repos d'une parcelle. Elle survient en saison des pluies vers 7 à 8 semaines pour le dactyle et 8 à 9 semaines pour le kikuyu. En saison fraîche, elle est d'environ 3 mois pour les deux espèces.

Les déterminants locaux de la croissance de l'herbe

Pour les phases de croissance étudiées, le type de végétation détermine des caractéristiques de croissance variées. Les prairies à dactyle enregistrent les meilleures performances du point de vue du rendement (6 tonnes en 60 jours de repousse) et de la vitesse de croissance (6 kilos par hectare et par degré-jour) en saison des pluies, devant le kikuyu et la houlque, pour les altitudes caractérisant les sites étudiés. A plus basse altitude, le kikuyu a une production plus élevée. En saison fraîche, la houlque a le potentiel le plus élevé avec plus de 5 tonnes en 110 jours de repousse.

L'influence de la saison est nette sur la cinétique de la croissance (figure 24). En dehors de la houlque, qui a une croissance régulière et forte toute l'année, les graminées ont, en nombre de jours, une croissance inférieure de 50 % en saison fraîche par rapport à la saison des pluies. L'expression en somme de températures montre que pour atteindre une même biomasse, le nombre de degrés-jours en saison fraîche doit être multiplié par 2. A cette période, il existe donc des contraintes liées à une baisse du régime hydrique, à un rayonnement plus faible et au gel. Le niveau de nutrition azotée (figure 24) apparaît également déterminant pour le rendement (voir « Le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale de la plante »).

L'estimation de la masse d'herbe par la mesure de la hauteur d'herbe

La mesure simultanée de la hauteur d'herbe et du rendement ont permis d'établir des relations entre hauteur et masse d'herbe. La qualité des relations entre hauteur et masse d'herbe est satisfaisante sur les différents types de peuplement étudiés. Des modèles de régression exprimant le rendement en fonction de la hauteur d'herbe, du type $MS = aH + b$, ont été obtenus avec une bonne qualité d'ajustement (r^2 ajusté variant de 0,6 à 0,9).

La conduite des couverts prairiaux à l'échelle de la parcelle

Les indicateurs précédemment décrits sont mis en œuvre afin de comparer les références obtenues dans les modèles biologiques aux états observés dans la centaine de parcelles des six exploitations suivies. Les écarts mesurés sont reliés aux pratiques des éleveurs. Il s'agit donc de rendre compte des principales relations, quantitatives ou qualitatives, entre l'état des parcelles et les pratiques des éleveurs, tout en tenant compte des contraintes du milieu.

Les observations et les enregistrements

La composition floristique des parcelles a été évaluée par une méthode quantitative : la méthode des relevés linéaires points quadrats (DAGET et POISSONNET, 1969). Elle consiste à réaliser le long d'un transect des sondages à des distances régulières, où les espèces présentes sont comptées (nombre de contact avec une tige). Les mêmes parcelles ont fait l'objet d'un diagnostic sur leur état nutritionnel en établissant des indices de nutrition minérale au cours de deux passages par an. Des mesures périodiques de la hauteur d'herbe sur pied ont

également été réalisées au rythme de deux passages par saison. Ce disponible est évalué par l'indicateur « hauteur d'herbe présente sur pied », qui dans le cas présent est la résultante de la biomasse produite, de la sénescence et de la consommation par les animaux. Les pratiques des éleveurs concernant ces parcelles ont été enregistrées en collaboration avec l'Ede de la Réunion, qui a mis en place un réseau d'acquisition de références technico-économiques sur les élevages bovins, le réseau Elevage bovin demain (LAPORTE, 1992). Les outils utilisés comportent un planning d'exploitation des surfaces, une fiche de suivi des effectifs animaux, les suivis techniques et économiques de l'Ede (contrôle de croissance, contrôle laitier, contrôle de gestion...) et les inventaires IPC (immatriculation pérenne et généralisée).

Les facteurs déterminant les pratiques de gestion des prairies

Les pratiques de gestion des prairies sont déterminées par un certain nombre de facteurs liés aux contraintes que subit l'exploitation et à ses caractéristiques. L'exploration de ces facteurs permet de comprendre en partie les choix des éleveurs et les logiques qui sous-tendent leurs décisions (tableau 14). Elle permet d'orienter certains choix d'aménagement.

Dans les zones de montagne où s'est développé l'élevage, les contraintes du milieu sont fortes : caractéristiques du sol, relief, accès, exposition, hydromorphie... Elles déterminent en grande partie les caractéristiques spatiales des parcelles, leur forme, la distance à l'entrée de l'exploitation, le différentiel d'altitude. Ces deux facteurs imposent des contraintes assez fortes ; leur poids respectif est de 12 % et 9 % de la variabilité totale des pratiques (figure 25).

La pousse de l'herbe, estimée par la hauteur d'herbe présente sur une parcelle, apparaît comme un critère visuel important pour l'éleveur ; il détermine l'affectation de la parcelle et la date d'entrée et de sortie. Il reflète à la fois les modalités de production et d'utilisation de l'herbe. L'absence d'abreuvoir dans une parcelle est aussi une entrave à l'affectation de la parcelle et gêne considérablement la conduite du pâturage tournant.

Le type de prairie et l'âge des parcelles sont deux facteurs importants de la conduite et de l'entretien des parcelles. Les éleveurs privilégient les parcelles semées en dactyle et en ray-grass mais les pratiques se relâchent souvent rapidement, dès 3 ans.

Tableau 14. Evaluation de la part respective de l'influence des différents facteurs sur les pratiques de gestion.

	Milieu	Caractéristiques spatiales	Type floristique	Age des parcelles	Hauteur d'herbe
Impact (%)	12	9	9	10	18

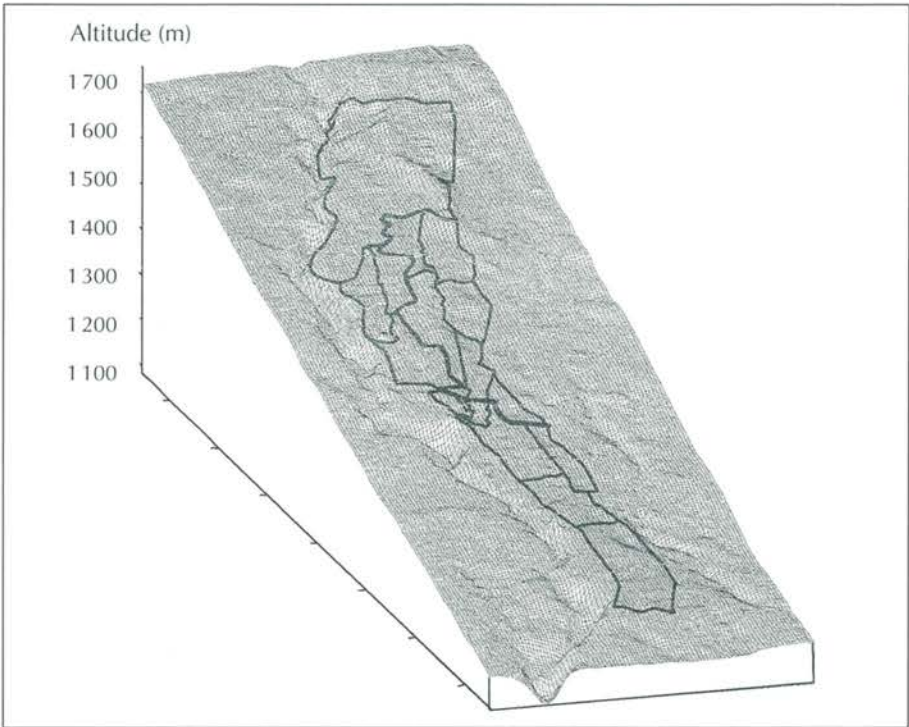


Figure 25. Cartographie tridimensionnelle et photographie aérienne d'une exploitation allaitante « en lanière » des Hauts de l'Ouest. Les caractéristiques physiques de chaque exploitation entraînent des contraintes liées au milieu, qui interfèrent avec les modes d'exploitation de l'éleveur. Un travail de cartographie sur l'ensemble des exploitations a été nécessaire comme support d'investigation, d'analyse et de restitution. Il a été réalisé par photo-interprétation et planimétrie (photo V. Blanfort).

L'effet des pratiques et du milieu sur l'évolution de la flore prairiale

L'approche phytosociologique a permis de mettre au jour l'influence des facteurs anthropiques de mise en valeur sur la végétation à l'échelle des zones pastorales de la Plaine des Cafres et des Hauts de l'Ouest. Cette séparation géographique a été retenue pour étudier les processus agronomiques de gestion régissant la végétation prairiale à plus court terme et à l'échelle de la parcelle. La parcelle est en effet un niveau de différenciation essentiel du fait de l'importance des modes de gestion qui, combinés aux facteurs du milieu, entraînent une diversité de la composition floristique. Il s'agit donc de comprendre ces différences d'une parcelle à l'autre et d'apprécier les causes déterminant l'évolution de la flore d'une prairie.

LE MILIEU ET SES CONTRAINTES

Les paramètres du milieu expliquent pour 15 % la structure de la flore prairiale, ils conditionnent donc de façon significative l'évolution de cette flore. Les facteurs les plus contraignants sont la pente et l'hydromorphie, qui constituent, dans les cas extrêmes, des contraintes difficilement contournées par des pratiques d'intensification. Une forte pente, supérieure à 10 %, caractéristique des Hauts de l'Ouest, et un accès difficile favorisent les espèces de friche et la végétation naturelle, en particulier *A. mearnsii* et *U. europeus*, qui conduisent à un stade de dégradation non réversible, comme le démontre la reconstitution des trajectoires à l'échelle des zones pastorales. Les parcelles touchées sont des prairies cultivées dégradées à dactyle et à kikuyu. L'hydromorphie du sol est également responsable de la présence d'espèces indicatrices de la dégradation des prairies dans les zones humides, comme les cypéracées et les joncacées. La lave affleurant participe à cette dégradation en créant des zones d'imperméabilité. Les pentes bien drainées favorisent les espèces semi-xérophiles des prairies spontanées.

Le milieu est un critère décisif de choix pour la mise en valeur. Les zones à fortes contraintes doivent être destinées préférentiellement aux prairies naturelles peu performantes du point de vue agronomique mais robustes. Les espèces améliorées, plus fragiles, doivent être implantées sur des terrains où l'on peut mettre en œuvre les pratiques d'entretien et d'exploitation adaptées à leur maintien. L'installation de prairies cultivées dans des zones où les contraintes du milieu sont fortes aboutit à une dégradation difficile à maîtriser. L'envahissement d'une prairie semée par des adventices se traduit rapidement par une modification de la quantité et de la qualité de la ressource fourragère disponible. Le kikuyu, espèce pionnière, se maintient plus facilement en milieu difficile que le dactyle, moins compétitif.

LES PRATIQUES DE GESTION

Les pratiques de gestion apparaissent comme des éléments essentiels de l'évolution de la flore des couverts prairiaux d'altitude. Le poids de ces pratiques

sur la composition floristique s'élève à 30 % pour la Plaine des Cafres et à 45 % pour les Hauts de l'Ouest. Ces résultats reflètent bien l'intensification générale entreprise dans les systèmes herbagers. Les pratiques se répartissent en deux grandes catégories : la fertilisation, qui agit directement sur la production d'herbe, le chargement et la fréquence de passage, qui conditionnent la consommation de l'herbe (figure 26).

Dans l'ensemble, la fertilisation en azote et en phosphore est un facteur décisif du maintien de la qualité de la flore des prairies implantées.

L'incidence du niveau de nutrition minérale sur l'évolution floristique d'une prairie est important, puisqu'il explique pour 15 % la structure de la flore prairiale. Ainsi, la baisse de l'indice IP favorise l'envahissement des prairies à dactyle par le kikuyu. Un niveau nutritionnel général limitant sur prairie cultivée entraîne un envahissement systématique par la flouve et par un ensemble d'adventices.

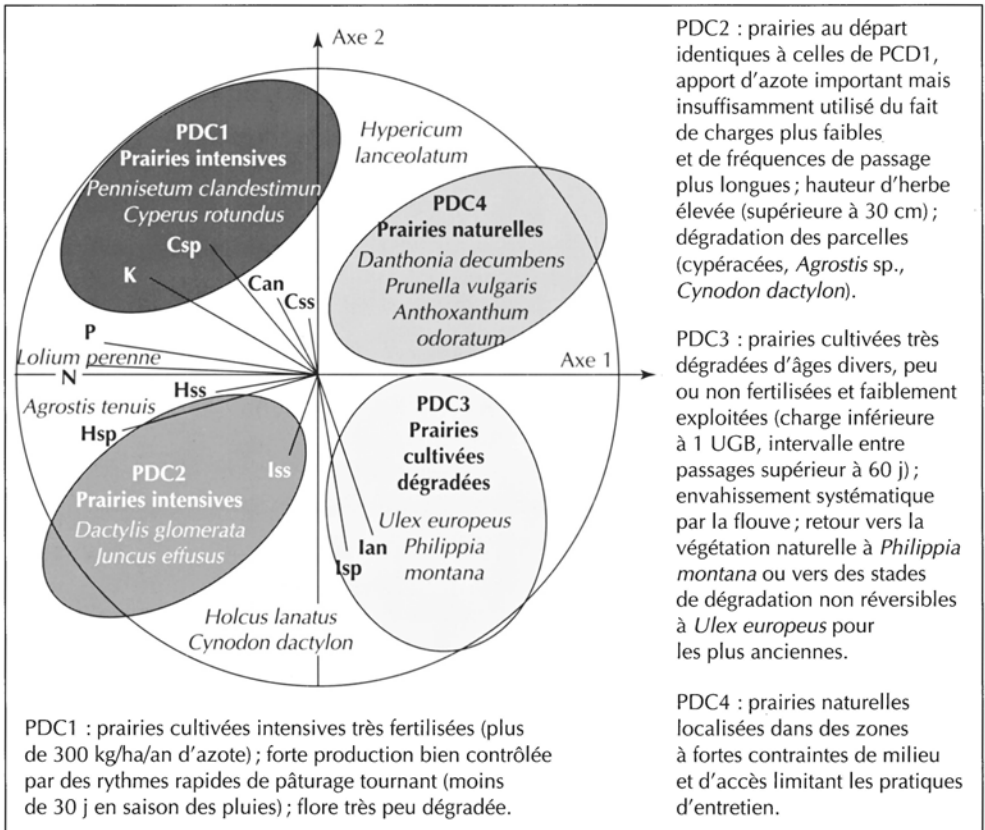


Figure 26. Relations entre les pratiques de gestion et la composition floristique des prairies, à la Plaine des Cafres. N, P, K : cumul annuel des apports d'azote, de phosphore et de potassium ; C : charge instantanée ; I : intervalle entre passages ; H : hauteur d'herbe moyenne ; an : annuel ; sp : saison des pluies ; ss : saison sèche.

Les prairies cultivées sont souvent caractérisées par une production d'herbe importante et une consommation insuffisante à des stades tardifs (type PDC2) (photo V. Blanfort).



Cependant, des apports d'azote trop élevés en saison des pluies provoquent une croissance incontrôlée de l'herbe si le chargement instantané et les rythmes de changement de parcelles ne sont pas suffisamment élevés. Ce déséquilibre entre la production d'herbe et sa consommation par les animaux est fréquent et entraîne une dégradation de la flore selon des seuils caractéristiques. A la Plaine des Cafres, pour les prairies cultivées à dactyle, un premier seuil apparaît vers la troisième année qui suit l'implantation (la cinquième, dans les Hauts de l'Ouest). A partir de ce seuil, le kikuyu envahit les zones écologiques qui lui sont favorables. Il s'accompagne d'un cortège de cypéracées et de graminées diverses, qui se diversifient dans le temps. Un second seuil est franchi vers 10 ans pour l'ensemble des surfaces où l'ajonc est présent, cette espèce est alors l'aboutissement d'une évolution irréversible. Ce stade de blocage est atteint bien plus rapidement dans les Hauts de l'Ouest avec un envahissement par *A. mearnsii* à partir de 3 à 5 ans.

L'excès d'azote entraîne également l'accumulation d'un disponible en herbe à faible valeur alimentaire, qui favorise la sénescence du matériel végétal (voir « La modélisation des processus biologiques »). A la Plaine des Cafres, cet excès de fourrage, évalué par la hauteur d'herbe présente sur pied, est fortement corrélié avec une fertilisation trop élevée pendant la saison des pluies. Dans les Hauts de l'Ouest, c'est la fréquence de passage des animaux, trop faible pendant la saison des pluies, qui est en cause.

La figure 26 montre que de longs intervalles entre les passages pendant la saison des pluies et une croissance incontrôlée de l'herbe aboutissent à une hauteur d'herbe élevée, qui traduit une sous-consommation de la biomasse. Cette situation a pour conséquence l'exploitation de la ressource à un stade défavorable du point de vue alimentaire. Ce phénomène est plus marqué dans les parcelles où la fertilisation est poussée. Pendant la saison fraîche, le respect

d'une hauteur minimale d'herbe sur pied, associée à des charges raisonnables et à des intervalles entre les passages compatibles avec la repousse, évite la dégradation de la flore consécutive au surpâturage.

La nutrition minérale et la croissance de l'herbe

L'ÉTAT NUTRITIONNEL DES PRAIRIES

Les diagnostics réalisés sur l'état nutritionnel de l'ensemble des parcelles des exploitations suivies reflètent bien les tendances mises en évidence par les expérimentations analytiques sur le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale de la plante (voir « Le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale » pour la signification des indices de nutrition).

Bien que les prairies artificielles à base de dactyle ou de kikuyu aient les indices azotés les plus élevés, 75 % d'entre elles ont un indice inférieur à 80. La houlque et la flouve, peu ou non fertilisées, ont des indices compris entre 40 et 60. La nutrition azotée est donc globalement inférieure à la valeur limitante (indice IN de 100), pour laquelle la production de biomasse est maximisée. Il convient de replacer ces chiffres bruts dans le contexte de la gestion d'un système fourrager. L'objectif n'est pas d'atteindre à tout prix le potentiel climatique (production maximale pour un indice de 100), mais plutôt de piloter le disponible en herbe avec des indices plus ou moins élevés, selon les besoins et la saison. C'est l'une des fonctions majeures des indices de nutrition que d'autoriser le pilotage de la fertilisation d'une prairie selon des objectifs quantitatifs et qualitatifs de production d'herbe.

La situation de la nutrition en phosphore de l'ensemble des parcelles illustre parfaitement l'indisponibilité de cet élément dans le sol, que les pratiques de fertilisation ne parviennent pas à compenser. La majorité des indices IP se situe dans une gamme très limitante, de 40 à 60.

La consommation de luxe du potassium, liée à l'utilisation d'engrais trop riches en potassium, se trouve également confirmée par les diagnostics réalisés sur les parcelles, hormis pour les prairies spontanées à flouve, très rarement fertilisées, qui reflètent la faible richesse du sol en potassium. Certaines prairies intensives à dactyle présentent aussi des valeurs insuffisantes, l'apport de potasse est alors nécessaire afin de compenser les exportations induites par la fertilisation azotée.

LES RELATIONS ENTRE LA FERTILISATION ET LES INDICES DE NUTRITION

Les pratiques de fertilisation et les niveaux de fertilité des parcelles sont étroitement liés. A l'échelle de la parcelle, il existe une bonne concordance entre la fertilisation et le diagnostic de fertilité donné par les indices de nutrition minérale. C'est donc une confirmation de la validité de cette méthode de diagnostic. Une fertilisation intensive, à des doses supérieures à 200 kilos d'azote,

50 kilos de phosphore et 100 kilos potassium par hectare et par an, correspondent à des indices IN supérieurs à 80 et IP supérieurs à 60, les indices IK restant toujours excédentaires. Des apports de potassium supérieurs à 80 kilos par hectare et par an peuvent être considérés comme excédentaires (des extrêmes de 160 à 400 kilos par hectare ont pu être enregistrés!).

On constate, d'une manière générale, une baisse de la fertilisation dans le temps : les prairies les plus récentes font l'objet d'apports plus abondants. Ceux-ci régressent peu à peu, au fur et à mesure du vieillissement de la prairie. La baisse des indices qui en découle peut en partie expliquer l'évolution de la flore.

Le fonctionnement des prairies à l'échelle de l'exploitation

A l'échelle de l'exploitation, il est nécessaire de mobiliser l'ensemble des références et des modèles biologiques établis précédemment, en liaison avec les indicateurs — flore, nutrition minérale, hauteur d'herbe — utilisés en tant qu'outils de diagnostics. La démarche consiste notamment à comparer le fonctionnement de plusieurs systèmes fourragers en les rattachant au fonctionnement général de l'exploitation, dans la limite des données disponibles.

L'objectif est de préciser comment les modes de conduite des prairies interviennent dans l'équilibre entre la production d'herbe et la consommation du troupeau. Il s'agit d'estimer les variations quantitatives et qualitatives de la production d'herbe au cours de l'année. L'impact de ces conduites sur la pérennité des ressources et sur les performances des animaux est aussi déterminé.

L'analyse, qui a porté sur les six exploitations suivies, consiste à comparer les modes de conduite des pâturages. Les données utilisées dans l'analyse des couverts prairiaux à l'échelle de la parcelle sont reprises et intégrées à l'échelle de l'exploitation pour une année donnée, 1993 en l'occurrence.

Les observations et les enregistrements

La compréhension de la production et de l'utilisation de la biomasse herbacée à l'échelle de la sole fourragère, c'est-à-dire de l'ensemble des parcelles d'une exploitation, passe notamment par la quantification de l'offre d'herbe. Les avantages offerts par l'évaluation de la biomasse d'herbe par l'intermédiaire de la hauteur d'herbe ont déjà été évoqués. Dans une exploitation, la somme des produits de la hauteur d'herbe par la surface pour l'ensemble des parcelles donne un volume d'herbe disponible à différentes périodes de l'année, que l'on rapporte au nombre d'animaux présents, exprimé en unités gros bovin.

Dans des exploitations qui exploitent l'herbe au pâturage, ce biovolume par équivalent vache, exprimé en mètres cubes par équivalent vache, évalue, grâce à des mesures aisées, la quantité disponible d'herbe sur pied. C'est un indicateur pratique pour la conduite du pâturage, dans la mesure où la quantité d'herbe disponible par animal fluctue en fonction du taux d'utilisation de la biomasse. Les biovolumes par équivalent vache sont à confronter aux références proposées par DURU *et al.* (1994) : 200 mètres cubes, en élevage laitier, et 300 à 400 mètres cubes, en élevage allaitant. Ces seuils ne constituent pas une référence absolue mais des repères fondés sur un objectif de production optimale d'énergie pour les animaux.

Afin d'établir une relation entre les diagnostics biologiques relatifs au pâturage et le mode de conduite de ce dernier, il est nécessaire de recueillir des informations sur les pratiques d'entretien et d'exploitation des différentes parcelles. Ces informations sont issues des plannings fourragers mis en place dans le cadre du réseau d'acquisition de références technico-économiques (LAPORTE, 1992), qui a également permis d'exploiter quelques données sur les performances de production.

L'exploitation de ces diverses données a été réalisée préférentiellement de façon graphique à partir du plan du parcellaire des exploitations (figures 25 et 27). Ce mode de restitution a été testé avec succès auprès des éleveurs participant aux recherches : la représentation concrète des parcelles facilite le repérage, les symboles graphiques améliorent la lisibilité des informations, le dialogue avec l'éleveur est plus aisé. La restitution sous forme de cartes a donc été adoptée dans la phase de transfert des résultats au développement.

L'effet des modes de conduite sur la ressource herbacée

Différents modes de conduite des pâturages aboutissent à des divergences dans l'état et l'évolution de l'herbe. C'est le cas de l'exploitation allaitante à base de prairies tempérées présentée sur la figure 27.

La fertilisation, azotée en particulier, est le facteur essentiel de la quantité de biomasse produite. Les pratiques sont variables d'un élevage à l'autre. Certaines exploitations parviennent à limiter l'explosion de la croissance pendant la saison des pluies en réduisant le niveau de nutrition azotée puis à compenser la baisse de croissance en saison fraîche en relevant ce niveau. Ce mode de fertilisation permet de régulariser la production d'herbe sur deux saisons contrastées.

La conduite du pâturage tournant conditionne le niveau d'utilisation de la biomasse produite. Là encore, de fortes disparités sont observées dans les pratiques d'exploitation, qui permettent ou non de compenser les répercussions des variations climatiques saisonnières sur la quantité d'herbe disponible (figure 27).

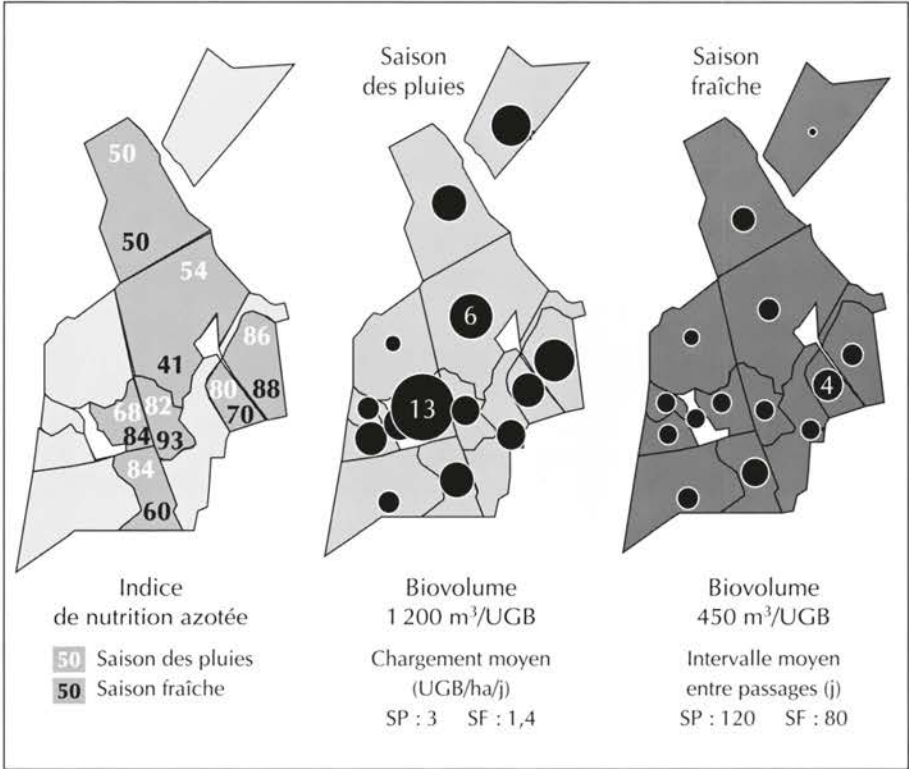


Figure 27. Pour chacune des exploitations, l'ensemble des parcelles est représenté graphiquement avec les pratiques qui lui sont associées et confronté aux résultats des diagnostics biologiques (cas de l'exploitation 2). Les fortes différences entre exploitations pour le volume d'herbe disponible au cours d'une même saison s'expliquent par des pratiques de fertilisation et d'utilisation du pâturage plus ou moins adaptées aux rythmes saisonniers.

Pendant la saison des pluies, les excédents d'herbe peuvent être considérables (biovolume mesuré supérieur à 1 000 mètres cubes par équivalent vache). La stratégie souvent adoptée par les éleveurs consiste à ralentir le rythme d'exploitation des pâturages ce qui entraîne des pertes importantes par sénescence du fait de temps de repos trop longs. Inversement, en saison fraîche, un chargement instantané élevé conduit l'éleveur à une surexploitation de l'herbe. Le biovolume par équivalent vache peut alors descendre très bas, à moins de 44 mètres cubes par équivalent vache, ce qui entraîne des temps de séjour très courts (3 jours). Le temps de repos diminue progressivement et ne permet plus alors une repousse suffisante de l'herbe.

La modélisation de la croissance de la végétation prairiale a permis de comprendre que les quantités d'herbe résiduelle en sortie de parcelle conditionnaient la repousse et, par conséquent, la hauteur lors de la prochaine exploitation et les pertes par sénescence.

Les mesures effectuées confirment que les exploitations qui ont des biovolumes d'herbe importants présentent, en sortie de parcelles, les hauteurs d'herbe les plus élevées, entre 30 et 15 centimètres. Pendant la saison fraîche, dans les exploitations où l'utilisation de la biomasse a été trop intense, la hauteur d'herbe résiduelle est inférieure à 8 centimètres. Les modèles locaux d'élaboration de la biomasse apparaissent proches de ceux pour lesquels BOSSUET et DURU (1994) préconisent, pour les graminées tempérées, une hauteur résiduelle inférieure à 12 centimètres. Cette référence peut donc servir de point de repère en attendant qu'elle soit validée, en particulier pour le kikuyu.

Les mesures de la hauteur d'herbe lors de la mise en pâture des parcelles montrent, pour les exploitations qui ont des biovolumes très élevés en saison des pluies, que la hauteur d'herbe dépasse 20 centimètres et qu'elle est liée à des temps de repos très longs (figure 27). Si l'on considère les dates d'exploitation proposées dans la partie sur la modélisation pour les différents fourrages, cette situation implique des états d'exploitation défavorables à la qualité du fourrage mis à la disposition des animaux. Pendant la saison fraîche, la hauteur d'herbe à l'entrée de parcelles est plus faible du fait des rythmes d'utilisation plus intenses. L'herbe consommée s'avère donc de meilleure qualité alimentaire qu'en saison des pluies, si l'on se réfère aux teneurs en matières azotées totales mesurées.

Les conséquences de la conduite des pâturages sur les performances

L'exploitation tardive de l'herbe pendant la saison des pluies, à un stade défavorable à sa qualité alimentaire, est sans doute l'un des facteurs qui expliquent la baisse des performances constatée à cette période. On observe en effet, en élevage allaitant, une baisse des gains moyens quotidiens des brouards (LANOT, 1996). En élevage laitier, il existe un infléchissement des courbes de lactation (P. Hassoun, comm. pers.). Il y a donc une certaine concordance entre de bonnes performances et des modes de conduite des pâturages qui, en saison des pluies, assurent une exploitation à un stade encore jeune et, en saison fraîche, fournissent des quantités capables de satisfaire la demande du troupeau.

Le transfert des résultats de la recherche

Dès le lancement de l'opération de recherche en 1991, un partenariat s'est instauré avec les organismes d'encadrement, en particulier avec l'Union des Afp et la Chambre d'agriculture. Ce partenariat a été un élément important de la démarche participative, qui associe les organismes d'encadrement technique et les éleveurs à l'opération de recherche.

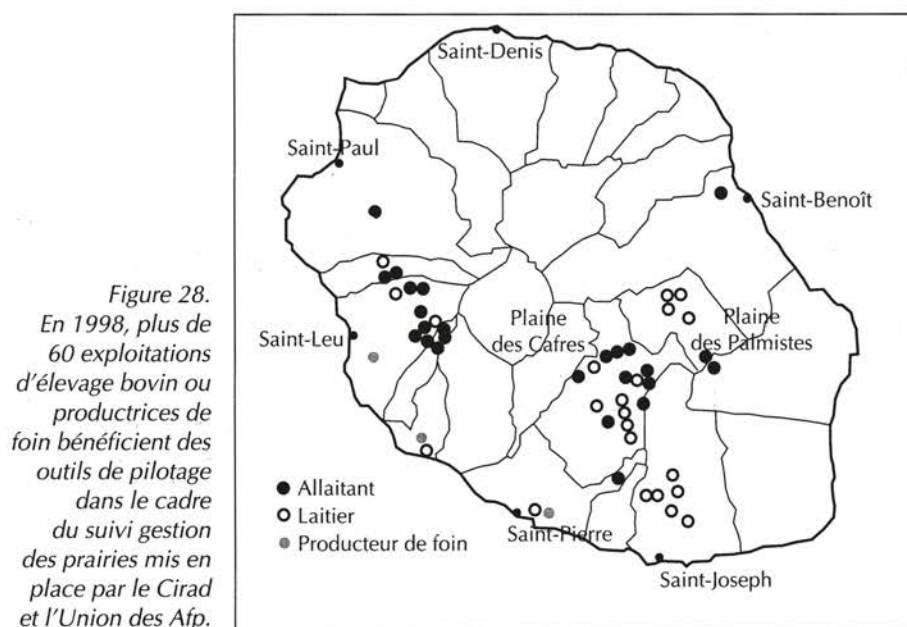
En 1994, un financement du Conseil régional de la Réunion a permis de mettre en place auprès des éleveurs les outils de diagnostic élaborés. Cette

opération de recherche-développement a évolué en 1997 vers un véritable service d'appui technique aux éleveurs pour la gestion des prairies. Celui-ci vient compléter les activités de l'Union des Afp, jusque là ciblées sur l'installation et la récolte de surfaces fourragères. L'organisation de ce service au sein de l'Union des Afp a été confiée à Patrick Thomas, qui a été formé pendant deux ans au Cirad-Elevage (BLANFORT et THOMAS, 1997). Le Cirad-Elevage a continué d'apporter un appui à la consolidation de ce service d'appui.

Le suivi personnalisé

Les outils d'aide à la décision proposés visent à maîtriser durablement l'herbe. Il s'agit de satisfaire des objectifs de production animale — améliorer l'alimentation des animaux — tout en gérant et en protégeant les espaces pastoraux aux vocations multiples. La mise en œuvre de ces outils s'effectue dans le cadre d'un suivi personnalisé auprès des éleveurs adhérents de l'Union des Afp, ce qui permet de faire des propositions techniques adaptées aux caractéristiques propres de chaque élevage et aux objectifs de l'éleveur, tout en tenant compte du milieu et des contraintes saisonnières marquées. Des techniciens de l'Ede et des Sica participent à la collecte des données et à la restitution des résultats. L'opération se déroule également en collaboration avec les autres opérations du Cirad-Elevage. A la fin de 1998, près de 60 exploitations faisaient partie de ce suivi (figure 28).

Après plus de deux années de suivi des prairies, le bilan confirme l'hypothèse de base des travaux qui sont à l'origine de cette opération de recherche-développement (BLANFORT et THOMAS, 1996 ; 1997). La variabilité des pratiques



apparaît comme un facteur essentiel de variation du comportement et des performances d'une ressource fourragère. Ces différences ont des répercussions majeures sur la pérennité des exploitations à dominante herbagère.

L'évolution des niveaux de nutrition minérale

En 1997, les résultats indiquent une nette évolution des pratiques de fertilisation. Celles-ci favorisent un équilibre plus stable entre la production d'herbe et la consommation des troupeaux. Les changements intervenus concernent la nature des engrais utilisés et les doses appliquées, désormais mieux adaptées aux contraintes biologiques saisonnières.

Pendant la saison des pluies, la fertilisation vise surtout un équilibre entre les éléments N, P et K, qui assure une production fourragère suffisante mais non excédentaire. De nouvelles formulations ont été proposées en liaison avec les fabricants d'engrais de l'île (voir « Le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale de la plante »). Leur utilisation par les éleveurs a permis de relever les niveaux de nutrition en phosphore tout en contrôlant les niveaux de nutrition en azote et en potassium (figure 29). Pendant la saison fraîche, après

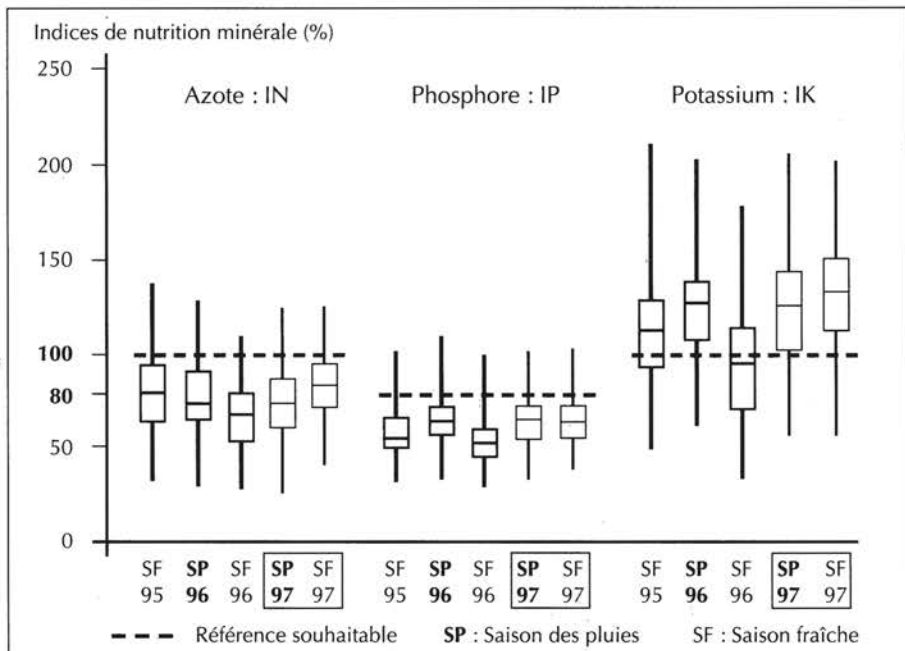


Figure 29. Evolution des indices de nutrition minérale des parcelles suivies depuis 1995 (930 observations pour chacun des indices). Rappel des principes : un indice non limitant correspond au potentiel climatique, c'est-à-dire à un rendement maximum. La répartition est schématisée par des « boîtes à moustaches » représentant les quartiles des valeurs prises (25 %), le trait central figure la médiane, c'est-à-dire la valeur la plus fréquente.

trois ans de suivi, les indices IN, IP et IK ont été supérieurs à ceux de la saison des pluies. C'est la conséquence d'une fertilisation soutenue et mieux équilibrée à base de formules complètes (33-11-06...). Une bonne anticipation s'opère désormais à la fin de la saison des pluies, avec une fertilisation adaptée qui permet aux éleveurs de constituer d'importants stocks fourragers sur pied.

L'évolution des quantités d'herbe disponible

En 1997, la production d'herbe a été plus régulière sur l'année, en quantité et en qualité. Les biovolumes se sont rapprochés, dans l'ensemble, des références (figure 30). L'évolution est particulièrement marquée pour le kikuyu. Ces observations mettent en évidence une maîtrise croissante de la ressource herbagère dans l'ensemble des exploitations suivies. Les réajustements concernent la fertilisation des prairies et le pâturage tournant — rythmes d'exploitation et hauteur d'herbe résiduelle en sortie de parcelle.

La qualité de la ressource herbagère

Cette meilleure maîtrise de la gestion des prairies s'est traduite par une herbe moins abondante et de meilleure qualité, en saison des pluies notamment. On

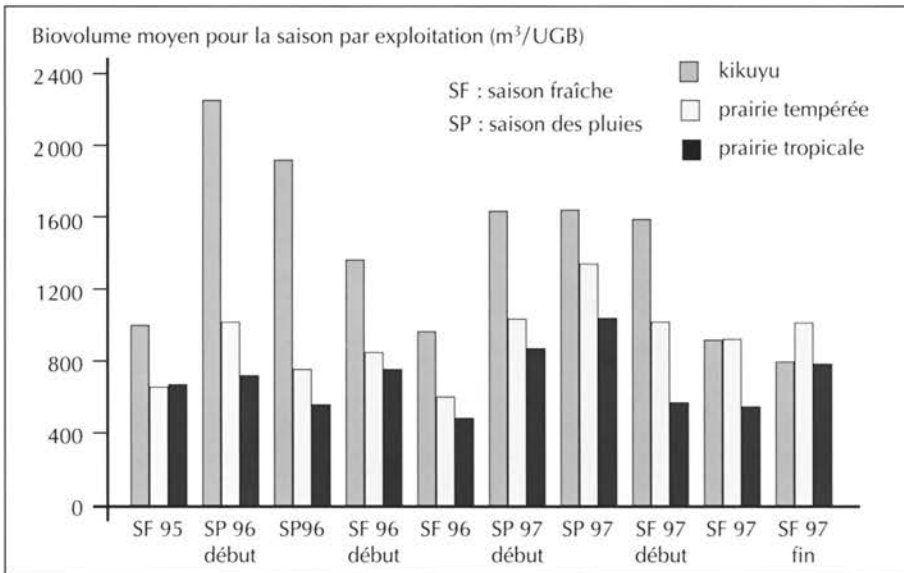
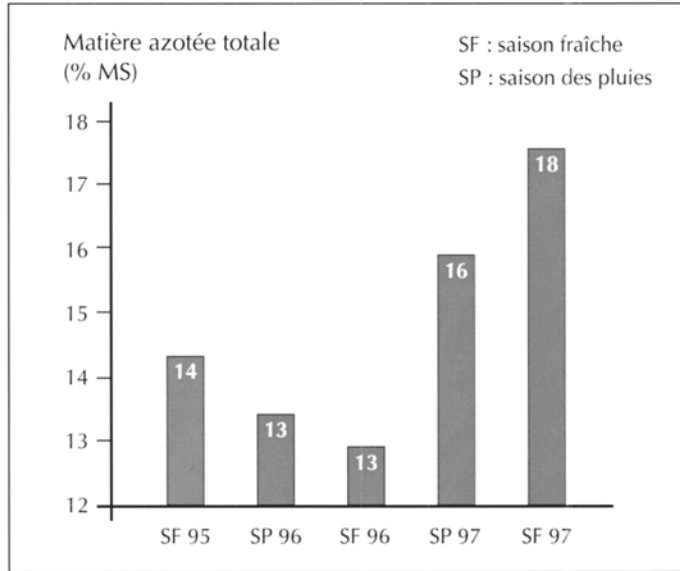


Figure 30. Evolution saisonnière du disponible fourrager dans les exploitations du suivi depuis 1995. Rappel : un disponible d'herbe compris entre 200 et 400 mètres cubes-équivalent unité gros bovin constitue une marge de référence. En deçà il y a un risque de déficit de fourrage. Au-delà il y a perte d'herbe par sénescence du fait de la sous-exploitation d'une quantité d'herbe importante.

observe en effet une évolution positive, pour les deux saisons, de la valeur alimentaire de la biomasse herbacée mise à la disposition des animaux depuis 1995 au sein des exploitations suivies (figure 31). Les changements dans la gestion du pâturage tournant se sont déjà traduits chez certains éleveurs par des améliorations zootechniques. Contrairement à la tendance habituelle, les performances en pleine saison des pluies sont au même niveau que celles de la saison sèche, selon les contrôles réalisés par l'Ede.

*Figure 31.
On observe depuis 1995 une évolution très significative de la qualité des pâturages au cours des trois années du suivi sur l'ensemble des parcelles des exploitations suivies (gain de 3 à 4 points de la matière azotée totale).*



Conclusion

Les outils de pilotage des ressources herbagères mis en œuvre au sein du suivi des prairies répondent à l'objectif initial des recherches : proposer des améliorations dans les modes de gestion des pâturages. D'une manière générale, on constate un déséquilibre entre les pratiques de gestion et les rythmes biologiques saisonniers. Les outils proposés peuvent aider les éleveurs à atteindre l'équilibre en maîtrisant mieux la ressource herbacée tout au long de l'année.

Pendant la saison des pluies, la forte croissance de l'herbe peut être contrôlée par des pratiques de pâturage tournant et de fertilisation visant à réduire la production de biomasse. En saison fraîche, le ralentissement de la croissance peut être compensé par des apports fractionnés d'engrais appropriés. L'intensité d'utilisation de la biomasse doit être réduite en jouant sur la charge et le temps de repos afin de favoriser la repousse des graminées. On limitera ainsi les risques de déficits fourragers, qui rendent indispensable le recours à des

apports alimentaires extérieurs coûteux. L'ajout et le retrait de parcelles au cours de l'année sont aussi des pratiques qui permettent de contrôler la conduite du pâturage tournant.

Le fait que les éleveurs puissent disposer d'outils d'aide à la décision en matière de fertilisation est essentiel dans la maîtrise de la production d'herbe tout au long de l'année. Il est ainsi possible de piloter la fertilisation en fonction d'objectifs de production d'herbe en s'adaptant aux contraintes saisonnières et au niveau de consommation possible dans l'exploitation. Cet outil et ses applications ont été présentés ainsi que des conseils sur les pratiques de fertilisation et les engrais à utiliser (voir « Le diagnostic de la fertilité du sol par la nutrition minérale de la plante »). Quelques points essentiels à la lumière des investigations menées à l'échelle de l'exploitation peuvent être rappelés.

Pendant la saison des pluies, l'utilisation d'engrais complets bien formulés, faiblement dosés en azote, doit recharger le sol en éléments minéraux. C'est pendant la saison fraîche qu'une nutrition azotée non limitante doit être appliquée pour compenser les effets dépressifs du climat sur la croissance de l'herbe. Contrairement à l'idée répandue selon laquelle l'engrais ne « travaille » pas pendant cette saison, des apports d'azote bien raisonnés et sous des formes facilitant son assimilation par la plante à cette période se traduisent par des augmentations significatives de rendement, en dehors des périodes de gel ou de sécheresse exceptionnelle.

Deux logiques peuvent être proposées : soit une utilisation intensive de l'herbe « en flux tendu », liée à sa production, soit une gestion de type sécurisé qui autorise une utilisation partielle de l'herbe avec des temps de repos longs et une biomasse résiduelle importante en sortie de parcelle.

Dans le premier cas, on obtient un fourrage de qualité en limitant les pertes par sénescence, mais cette conduite requiert de fréquents ajustements pour maintenir la quantité d'herbe offerte en dépit des fluctuations saisonnières de croissance de l'herbe, très importantes à la Réunion.

Dans le second cas, on aboutit à une herbe de moindre qualité et à la présence de refus, mais la conduite est simplifiée et moins contraignante, avec des chargements plus faibles et une réserve sur pied qui permet d'amortir les fluctuations de pousse (LEGENDRE, 1997).

Les éleveurs peuvent opter pour l'une ou l'autre de ces logiques en fonction de leur système d'exploitation, de leurs objectifs de production, de leurs impératifs d'organisation et des contraintes du milieu. Il peut être intéressant de gérer la diversité des ressources herbagères d'une exploitation en adaptant les pratiques aux caractéristiques et à la rusticité des espèces. Dans le cas des deux logiques proposées, on peut adopter une conduite intensive pour des prairies cultivées, où les interventions de l'éleveur sont facilitées, et une gestion plus extensive pour les couverts prairiaux situés dans des zones moins favorables.

Tout changement brusque du mode, de l'intensité et de la fréquence d'utilisation d'une prairie constitue une perturbation qui conduit à une évolution de sa composition botanique. Les nouvelles conditions peuvent être favorables à l'établissement ou au rétablissement d'une flore de qualité, par exemple, mais une fois cet état atteint, il est alors souhaitable d'adopter des pratiques régulières. Tout changement important risque de perturber l'équilibre floristique établi et d'aboutir à une situation désastreuse avec une dégradation de la flore, voire un envahissement définitif par des pestes végétales.

Utilisation
et valorisation
des ressources
alimentaires

Les prairies constituent l'essentiel des ressources fourragères produites dans les Hauts. A partir des travaux du Cirad et grâce aux actions de l'Union des Afp, l'amélioration de leur productivité et leur gestion agroécologique ont permis d'accroître sensiblement le disponible fourrager et de mieux réguler la ressource dans le temps, notamment pour les élevages allaitants pour lesquels le pâturage constitue l'essentiel de la ressource.

Cependant, du fait de conditions pédoclimatiques contrastées, les ressources herbagères produites dans les Hauts sont de nature diverse et variable dans le temps, sur les plans quantitatif et qualitatif. La difficulté réside donc, notamment pour les éleveurs laitiers, dans la gestion de la variabilité de cette ressource en fonction du climat et dans son adaptation permanente aux besoins des animaux. De plus, compte tenu de la faible couverture des besoins de la population réunionnaise en produits laitiers, la filière laitière propose de développer la production de lait en améliorant la productivité par vache et en augmentant la taille des troupeaux et donc le chargement de la surface. Dans ce contexte d'intensification, plusieurs questions se posent : comment résoudre le déficit fourrager hivernal ? comment accroître la disponibilité en ressources fourragères pour faire face aux besoins croissants des troupeaux ? comment mieux utiliser les ressources disponibles, produites sur l'exploitation ou achetées, à des fins de production, mais aussi pour maintenir l'état de santé des animaux et préserver l'intérêt économique de l'éleveur ?

Pour répondre à ces questions, qui émanent principalement de l'élevage laitier, le Cirad-Elevage a engagé des recherches dont les objectifs sont de mieux connaître les systèmes d'élevage et le fonctionnement des exploitations, de maîtriser la constitution de stocks alimentaires mobilisables à différentes périodes de l'année pour le troupeau et d'améliorer l'alimentation en élevage laitier.

Cette troisième partie expose les résultats de ces recherches, qui ont débuté en 1987. Le premier chapitre s'intéresse à la caractérisation des systèmes d'élevage. Il rassemble les typologies réalisées sur l'ensemble des élevages, sur les systèmes fourragers et plus spécifiquement sur les systèmes laitiers. Il aborde les stratégies et les pratiques de gestion de l'alimentation dans les élevages laitiers. Le deuxième chapitre rassemble les travaux menés sur l'ensilage de l'herbe, principalement en balles enrubannées, et compare les techniques d'ensilage entre elles sur le plan de la conservation et des coûts. Le troisième chapitre concerne les ressources mobilisées dans les Bas (foin de chloris, paille de canne à sucre) pour pallier les déficits fourragers des Hauts : leur récolte, leur conservation, leur traitement à l'ammoniac, leur utilisation. Le dernier chapitre caractérise les rations distribuées en élevage laitier et étudie leur efficacité. Il présente les valeurs nutritives des fourrages et des différents aliments distribués et aborde la valorisation des rations en fonction de la production laitière réalisée.

Le fonctionnement des systèmes d'élevage

Jean-Marie Paillat, Vincent Blanfort

Une première typologie a été réalisée afin de caractériser l'activité d'élevage parmi l'ensemble des activités agricoles pratiquées dans les exploitations. Les travaux du Cirad ont ensuite porté sur les classes correspondant aux exploitations spécialisées dans l'élevage. Ces exploitations adhèrent pour la plupart aux structures de développement et de commercialisation, comme la Sicalait, la Sicarevia et l'Union des Afp. Pour ces élevages, une typologie des systèmes fourragers a été effectuée pour préciser les niveaux d'intensification des systèmes d'élevage et décrire les ressources fourragères utilisées et leurs modes d'utilisation (pâturage, fauche, affouragement, ensilage). L'analyse des pratiques des éleveurs laitiers a débouché sur une autre typologie, fondée sur les fonctions attribuées par l'éleveur aux différentes ressources fourragères mobilisées. Les représentations selon les éleveurs des modes de stockage et des règles de décision sont décrites. Ces règles sont mobilisées par les éleveurs dans la mise en œuvre de modules tactiques découlant directement des stratégies élaborées pour assurer la production : allotement, organisation du territoire, alimentation, enchaînements temporels.

La typologie des systèmes d'élevage

Les systèmes de production en élevage

Une étude typologique a été réalisée pour décrire les systèmes de production en élevage (SALON, 1992). Elle n'a concerné que les élevages comportant au

moins deux têtes, soit 45 % des élevages réunionnais, et a porté sur un échantillon de 265 exploitations (taux de sondage de 19 %). Deux typologies ont été réalisées. La première (A) a pour but de caractériser la taille de l'exploitation, le type de production bovine, la place de l'élevage dans l'exploitation. La seconde (B) concerne la place de l'exploitation dans son environnement économique (SALON, 1992).

Une partition en deux groupes est également proposée (figure 32). Les exploitations du groupe I représentent 29 % de l'ensemble et sont présentes dans tout le département, les deux tiers se situant en dessous de 800 mètres d'altitude. Elles sont de petite taille, leur surface agricole utile est inférieure à 10 hectares, et leur cheptel ne dépasse pas 12 unités gros bovin. Leur surface agricole utile est en grande partie consacrée aux cultures (canne à sucre, maraîchage, cultures fruitières, géranium...). L'élevage y est considéré comme une activité complémentaire, sauf pour les ateliers d'engraissement. Les surfaces fourragères exploitées par pâturage sont rares, les bovins sont alimentés par affouragement à l'auge. Les exploitations du groupe II représentent 71 % de l'ensemble et sont spécialisées dans l'élevage laitier ou allaitant. La majorité de ces exploitations se trouve au-dessus de 800 mètres dans les zones sud et ouest, où l'élevage bovin est prépondérant. Leur surface agricole utile dépasse 10 hectares ; elle est consacrée aux productions fourragères : parcours, pâturages de kikuyu ou de graminées tempérées. Le cheptel est constitué d'au minimum 6 unités gros bovin. Hormis pour les élevages laitiers, le pâturage est toujours présent avec des chargements variables. Ces exploitations, qui occupent une grande partie de l'espace d'altitude, constituent le terrain d'action privilégié du Cirad-Elevage.

La diversité des structures, des ressources et des modes de gestion

Les données de la typologie des systèmes de production (SALON, 1992) ont servi à rendre compte de la diversité des exploitations par rapport à leurs ressources fourragères et à leurs modes d'exploitation (BLANFORT, 1998). Il s'agit d'affiner les types de ressource alimentaire mis en évidence dans cette typologie et de faire apparaître leur relation avec les types d'exploitation. Cette approche permet aussi d'actualiser les enquêtes sur les systèmes fourragers (MERICQ, 1980 ; ROYER, 1985).

A partir des enquêtes menées dans 265 exploitations, une analyse factorielle des correspondances a été réalisée ; elle repose sur 32 modalités décrivant les types de ressources et 17 modalités illustrant le mode de conduite, le parcellaire, le type de production, les chargements et l'altitude (figure 33). L'axe 1 distingue les exploitations selon un gradient qui intègre la surface fourragère et le mode d'exploitation des ressources. L'axe 2 fait apparaître, dans le sens positif, une spécialisation croissante vers des prairies monospécifiques et, dans

Groupe I	Groupe II
Surface agricole utile < 10 ha	Surface agricole utile > 10 ha
< 12 UGB	> 12 UGB
< 800 m d'altitude	> 800 m d'altitude
Elevages allaitants ou engraisseurs	Elevages allaitants ou laitiers
Elevage bovin + cultures (canne à sucre, cultures maraîchères...)	Elevage bovin
Aucune adhésion	Adhésion Afp, Sicalait, Sicarevia
Affouragement à l'auge (canne fourragère + concentré énergétique)	Parcours naturels et pâturages (kikuyu, graminées tempérées)

Typologie A

<p>Classe 1 : élevages engraisseurs moins de 15 têtes ; cultures, affouragement à l'auge, canne fourragère, concentré énergétique, mélasse ; plus de 1,5 UGB/ha ; Sicarevia</p> <p>Classe 2 : petites plantations de canne à sucre culture de canne à sucre dominante ; élevage bovin comme activité complémentaire ; surface fourragère inférieure à 1,5 ha en canne fourragère ; moins de 8 têtes à l'engraissement ou de vaches allaitantes ; écoulement des produits par la Sicarevia</p> <p>Classe 3 : microstructures d'élevage et de maraîchage surface agricole utile inférieure à 4 ha ; moins de 8 mères ; cultures, canne fourragère, cueillette d'herbe ; vente aux commerçants ; porcs ; cirques</p> <p>Classe 4 : plantations (géranium, ananas, litchi...) culture dominante autre que le maraîchage ou la canne à sucre ; moins de 6 UGB de vaches allaitantes ou à l'engraissement ; élevage fonctionnant comme dans la classe 2 ; écoulement des veaux par les commerçants</p>	<p>Classe 5 : élevages-maraîchages moins de 15 mères ; élevage comme activité agricole dominante complétée par le maraîchage ; de 2 à 7 ha de pâturages ou de canne fourragère</p> <p>Classe 6 : petits élevages laitiers adhérent de la Sicalait ; moins de 20 mères ; moins de 10 ha de cultures ; affouragement à l'auge, concentré énergétique ; altitude et localisation variables</p> <p>Classe 7 : élevages moyens surface agricole utile supérieure à 10 ha ; plus de 10 mères ; altitude supérieure à 800 m ; élevages allaitants ou laitiers ; adhèrent à une Sica ; pâturages et complémentation ; insémination artificielle ou monte naturelle et insémination artificielle</p> <p>Classe 8 : grands élevages surface agricole utile supérieure à 22 ha ; plus de 20 vaches allaitantes ; pâturage en rotation ; moins de 1,5 UGB/ha ; adhèrent à une Afp ou à la Sicarevia ; monte naturelle</p>
--	---

Typologie B

<p>Classe 1 : maraîchage avec bœufs producteurs de fumier utilisation du fumier pour fertiliser les cultures ; moins de 8 têtes à l'engrais ou de vaches allaitantes ; cueillette d'herbe ; concentré énergétique</p> <p>Classe 2 : pluriactivité cultures et élevage ; affouragement à l'auge en canne fourragère ; concentré énergétique ; insémination artificielle</p> <p>Classe 3 : voir la classe 4 de la typologie A</p>	<p>Classe 4 : élevages laitiers adhérent à la Sicalait ; surface agricole utile supérieure à 5 ha ; plus de 6 UGB ; système fourrage variable ; affouragement à l'auge, concentré énergétique ; insémination artificielle ou monte naturelle et insémination artificielle</p> <p>Classe 5 : autres élevages allaitants taille variable ; maraîchage fréquent ; même mode de fonctionnement que la classe 6</p> <p>Classe 6 : élevages allaitants modèles surface agricole utile supérieure à 22 ha ; plus de 20 mères ; adhèrent à la Sicarevia ; pâturages ; monte naturelle ; bon équipement</p>
--	---

Figure 32. Typologie des systèmes d'élevage à la Réunion, d'après SALON (1992).

le sens négatif, une diversité croissante des ressources exploitées. La grande variabilité du contexte pédoclimatique combinée à l'altitude et à la disponibilité foncière exacerbe la diversité des systèmes d'exploitation bovins. Ainsi, on identifie quatre catégories d'exploitations, dont les numéros correspondent aux groupes de la figure 33.

La catégorie 1 est constituée par les élevages engraisseurs et les petits élevages, laitiers ou caprins, des Bas. Elle correspond aux classes 1, 2 et 3 de la typologie B (SALON, 1992). Les exploitations ont de faibles surfaces fourragères, diversifiées et composées d'espèces tropicales comme la canne fourragère ou le maïs, qui sont employées en affouragement à l'auge. Leurs troupeaux sont de petite taille, mais les chargements sont très élevés, de l'ordre de 5 unités gros bovin par hectare, en moyenne.

La catégorie 2 regroupe les élevages allaitants et correspond à la classe 5 de la typologie B. Ces exploitations se situent presque toutes au-dessus de

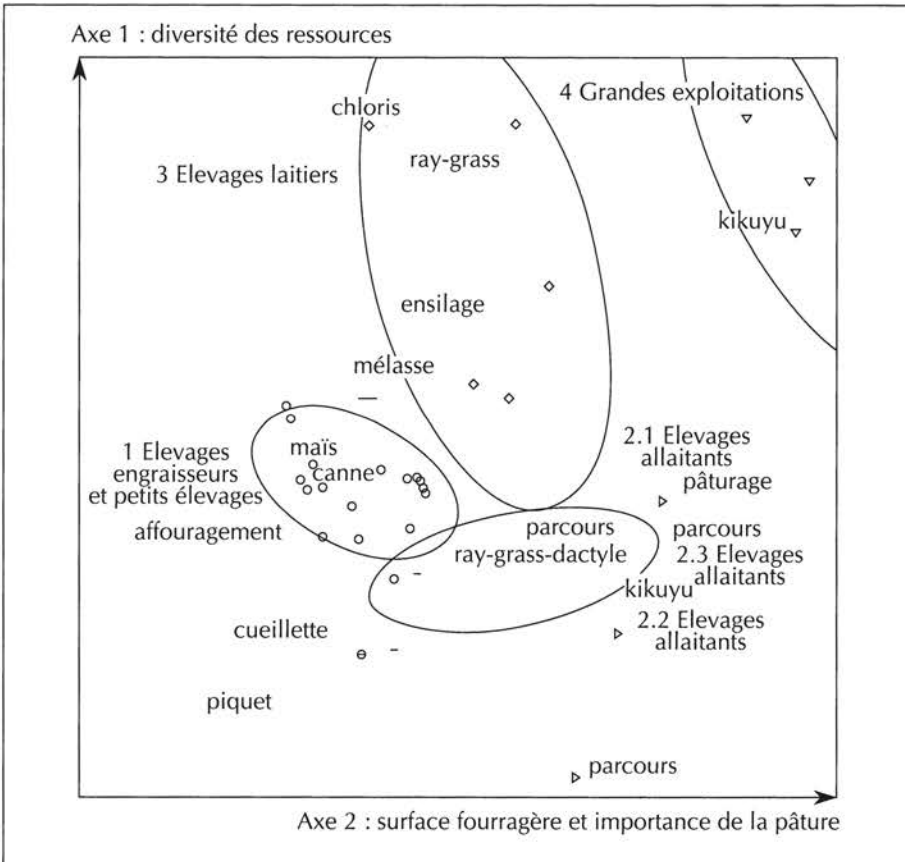


Figure 33. Nature et diversité des ressources fourragères par type d'exploitation (position des variables de l'analyse factorielle des correspondances dans le plan 1-2 représentant 25 % d'inertie).

800 mètres d'altitude et 60 % d'entre elles possèdent plus de 10 hectares de surfaces fourragères exploitées par pâturage. Le chargement moyen est d'environ 1 unité gros bovin par hectare et varie de 0,5 à 2. Leurs troupeaux comptent en moyenne 25 unités gros bovin, avec un maximum de 60 unités. La proportion des différents types de surface en herbe amène à distinguer trois sous-ensembles.

Le groupe 2.1 est constitué d'élevages qui ont encore plus de 15 hectares de prairies naturelles (flouve, houlque). Ces prairies fournissent plus de 50 % des ressources herbagères et sont associées à des prairies semées, qui correspondent à 25 % de la surface fourragère pastorale. Les chargements y sont les plus faibles, inférieurs à 0,8 unité gros bovin par hectare, et la surface en herbe est importante, de 16 à 80 hectares, en rapport avec le mode extensif de ces exploitations situées jusqu'à 1 900 mètres d'altitude. Ce groupe tend à disparaître.

Le groupe 2.2 comprend des exploitations de superficie moyenne, de 10 à 25 hectares. Les surfaces sont essentiellement consacrées au kikuyu, avec moins de 5 % de parcours et moins de 25 % de graminées tempérées. Ces exploitations sont situées entre 1 000 et 1 400 mètres d'altitude et possèdent des cheptels moyens de 25 unités gros bovin.

Le groupe 2.3 rassemble des exploitations situées à des altitudes supérieures à 1 200 mètres où la prairie à dactyle et à ray-grass domine (5 à 50 hectares) et couvre environ 50 % de la surface fourragère pastorale ; elle est complétée par des parcours ou des prairies naturelles, qui représentent 30 % de la surface. Le kikuyu n'y occupe que 15 % de la surface car il n'est plus dans son domaine écologique. Ces exploitations sont semi-intensives, avec 1 unité gros bovin par hectare.

La catégorie 3 correspond aux élevages laitiers, la classe 4 de la typologie B. Ces exploitations ont de grandes surfaces fourragères récoltées. Le chargement peut atteindre 3 unités gros bovin par hectare. Dans les plaines d'altitude, l'ensilage de graminées tempérées domine (de 1 à 25 hectares), il est associé plus ou moins au pâturage et à la distribution en vert. Les quelques élevages laitiers des Hauts de l'Ouest privilégient le pâturage sur kikuyu.

La catégorie 4 rassemble les grandes exploitations allaitantes et correspond à la classe 6 de la typologie B. Ce sont des exploitations extensives, de plus de 60 hectares, dont les surfaces de kikuyu sont supérieures à 50 hectares.

La caractérisation des systèmes laitiers

Face aux difficultés rencontrées par les éleveurs pour ajuster les différentes ressources aux besoins des animaux, une approche de la gestion des systèmes fourragers, vue sous l'angle des pratiques et des décisions des éleveurs laitiers

pour l'affouragement des animaux, a donc été tentée. Ce travail est fondé sur deux années d'enquête puis de suivi des pratiques de quelques éleveurs laitiers (DELATTRE, 1996 ; FONTAINE, 1998).

Les pratiques de gestion des stocks fourragers

L'objectif de cette première étude était de cerner les différents modes de gestion des stocks alimentaires pratiqués par les éleveurs laitiers. Plusieurs méthodes ont été employées : typologie fondée sur les stratégies des élevages (CAPILLON *et al.*, 1988), fonctions attribuées par les éleveurs aux différentes composantes de leur système fourrager (DUBEUF *et al.*, 1995 ; FLEURY *et al.*, 1995), perception par les éleveurs de la qualité des aliments.

LA TYPOLOGIE

L'échantillonnage préalable aux enquêtes a été effectué sur la base des fichiers de la Sicalait en équilibrant les effectifs d'éleveurs selon la taille des exploitations et les zones de production. Malgré la grande diversité des systèmes, l'analyse des stratégies a permis de qualifier les types d'élevage ainsi que leur évolution (DELATTRE, 1996).

Les exploitations de petite taille, dont l'avenir est incertain, représentent 58 % de l'échantillon. Ce sont des exploitations en fin d'activité (13,5 %), des petits élevages qui seront repris par un jeune (9,5 %), des petits élevages qui ont des problèmes de maîtrise technique (9,5 %), des exploitations de jeunes éleveurs dont l'installation est incertaine (9,5 %), des élevages en cours d'installation et de spécialisation laitière (16 %).

Les exploitations moyennes à grandes aux stratégies fourragères diverses représentent 42 % de l'échantillon. Elles reposent sur l'autonomie fourragère et la limitation des intrants (3 %), sur l'autonomie fourragère et l'intensification laitière par les concentrés (13,5 %), sur le pâturage et la limitation du stock fourrager (9,5 %), sur l'intensification fourragère et l'aménagement de prairies (9,5 %) ou sur l'innovation fourragère à base de bagasse et de maïs (6,5 %).

LES FONCTIONS PARCELLAIRES ET D'ALIMENTATION

L'analyse des pratiques montre que ces différents systèmes d'élevage associent plusieurs fonctions fourragères selon les régions afin d'assurer l'alimentation du troupeau. On distingue ainsi les fonctions d'achat à l'extérieur de l'exploitation et les fonctions parcellaires liées à la production herbagère.

Les fonctions d'achat à l'extérieur de l'exploitation :

- donner du foin ou de la bagasse pour augmenter la teneur en matière sèche de la ration, toute l'année ou du moins en période humide ;
- acheter pour nourrir les animaux durant tout l'hiver, de mai à octobre ;

- stocker pour la soudure à la fin de l'hiver, de septembre à octobre ;
- acheter pour nourrir les animaux toute l'année.

Les fonctions parcellaires liées à la production herbagère comprennent les fonctions de stockage, les fonctions mixtes et les fonctions de pâturage ou d'affouragement en vert.

Les fonctions de stockage :

- faire de l'ensilage en quantité pour toute l'année quelle que soit la qualité ;
- garder un stock sur pied en quantité pour l'hiver.

Les fonctions mixtes :

- réaliser un ensilage de qualité et en quantité pour toute l'année et alimenter les animaux essentiellement par de l'affouragement en vert en été ;
- faire du bon ensilage en hiver et de la pâture ou de l'affouragement en vert le reste de l'année ;
- faire de l'ensilage en quantité pour l'hiver et faire pâturer les animaux en hiver.

Les fonctions de pâturage ou d'affouragement en vert :

- produire de l'herbe sans entretenir la prairie ;
- avoir de l'herbe pour l'hiver ;
- viser une production d'herbe régulière de qualité toute l'année ;
- faire de l'affouragement pour produire plus de lait ;
- produire de l'herbe pour l'été et l'hiver, si c'est possible.

LA REPRÉSENTATION SELON LES ÉLEVEURS DES MODES DE STOCKAGE

Parmi les éleveurs qui n'ont jamais réalisé d'ensilage d'herbe, soit 61 % de l'effectif de l'enquête, seuls 16 % envisagent de faire des balles enrubbannées afin d'intensifier leurs surfaces fourragères en reportant les surplus d'été sur l'hiver. Les autres considèrent que l'ensilage modifierait trop le système en place, qu'il ne correspond pas à leurs préoccupations actuelles, qu'il est plus simple d'acheter à l'extérieur ou que la qualité nutritive de l'ensilage n'est pas garantie.

Parmi les éleveurs qui font, ou ont fait, de l'ensilage, soit 39 % de l'effectif de l'enquête, 60 % veulent continuer et 40 % sont déçus et veulent trouver une autre technique. Ces derniers avancent les raisons suivantes : la balle ronde est trop chère par rapport à la qualité du produit obtenu, l'ensilage en tas entraîne trop de pertes, il est difficile de s'entendre entre éleveurs pour organiser le chantier, le matériel n'est pas disponible quand on le désire.

Parmi les techniques d'ensilage, les éleveurs préfèrent les balles enrubbannées pour leur qualité de conservation, leur teneur en matière sèche plus élevée, les pertes limitées, leur souplesse d'utilisation et la simplicité d'organisation des chantiers. L'ensilage en tas est préféré pour son coût moindre, la taille des chantiers et une disponibilité en matériel supérieure. Certains emploient les deux techniques.

Parmi les achats réalisés à l'extérieur, le foin est largement utilisé, par 65 % des éleveurs questionnés, pour sa teneur en matière sèche élevée. Le coût et l'hétérogénéité du produit sont ses principaux inconvénients. Son utilisation dépend donc de la trésorerie et des autres formes de stockage de fourrage mises en œuvre. Les éleveurs qui n'ont pas recours au foin invoquent son coût trop élevé par rapport à sa qualité.

La bagasse est moins employée, par 23 % des éleveurs seulement. Parmi les points positifs, les éleveurs citent l'aspect pratique du stockage, de la conservation et de la distribution. Pour sa valeur nutritive, les avis sont partagés entre ceux, peu nombreux, qui misent sur la régularité de la ration avec un apport important de concentrés toute l'année, et ceux qui utilisent la bagasse uniquement comme soudure et la considère comme un lest pauvre. Les avis sur son coût dépendent également de ces deux modes d'utilisation : elle est jugée bon marché pour les premiers et chère pour les seconds. Ceux qui n'utilisent pas la bagasse invoquent sa médiocre valeur nutritive — « c'est un poids sur la panse » — et son coût élevé.

Parmi les éleveurs interrogés, 19 % utilisent les choux de canne à sucre bien que leur valeur nutritive soit considérée comme médiocre : leur coût est faible et, pour ceux qui se trouvent à proximité de la zone cannière, il est facile de se les procurer. La canne à sucre est utilisée comme fourrage en plante entière à la Plaine des Grègues. Elle constitue un apport énergétique et son approvisionnement est sûr (stock sur pied). Cependant, sa récolte et sa distribution demandent du temps. Au moment des enquêtes, en 1996, aucun éleveur n'avait utilisé la paille de canne à sucre. En 1998, beaucoup d'éleveurs l'utilisent pour sa teneur en matière sèche élevée, en période des pluies, et comme soudure, en hiver.

Les stratégies d'alimentation dans les systèmes laitiers

L'étude menée par FONTAINE (1998) s'inscrit dans le prolongement du travail de DELATTRE (1996). Son objectif est de fournir un cadre de représentation des pratiques des éleveurs (modèle) pour, ultérieurement, mettre au point des outils d'aide à la gestion de l'affouragement et proposer des diagnostics (simulations) sur l'évolution des systèmes, sur le plan de leur viabilité et de leur pérennité. La méthode utilisée repose sur les travaux de l'Inra qui formalisent le raisonnement caractérisant la stratégie de l'éleveur (DURU *et al.*, 1988 ; HUBERT *et al.*, 1993 ; GIRARD *et al.*, 1994 ; GIRARD, 1995 ; GIRARD et LASSEUR, 1997). Cette représentation est réalisée en quatre temps : représentation de l'utilisation du territoire, description des pratiques, mise en évidence de tactiques, enchaînement de séquences décisionnelles finalisées.

Sur la base de la typologie de DELATTRE (1996), six exploitations ont été choisies pour la diversité de leurs systèmes d'alimentation parmi celles qui présentent une orientation marquée vers l'intensification laitière. Les données

ont été recueillies par entretiens réguliers auprès des éleveurs ou lors des suivis d'alimentation et de gestion de la prairie réalisés par le Cirad ou, dans le cadre de l'aide au diagnostic en élevage laitier, par l'Ede. Elles ont permis de reconstituer les pratiques mises en œuvre sur une année. Des modèles d'action sont proposés à partir d'une lecture transversale des différents systèmes étudiés.

LES STRATÉGIES D'ALLOTEMENT ET LES MODES D'ORGANISATION DU TERRITOIRE

Les pratiques d'allotement varient d'un élevage à l'autre, d'un seul lot d'animaux (cas d'un éleveur) à 10 lots d'animaux, les vaches étant séparées selon leur stade physiologique (cas d'un autre éleveur). L'organisation du travail et la gestion du territoire vont donc dépendre largement de la stratégie d'allotement choisie.

Les modes d'organisation du territoire sont divers et dépendent de la stratégie d'allotement adoptée, de la configuration des parcelles et de la position de l'étable dans le territoire. Dans les exploitations suivies, on distingue trois types de territoire :

- le territoire concentrique, où les animaux ont accès à toutes les parcelles pour le pâturage, la parcelle centrale étant utilisée plus particulièrement la nuit ;
- le territoire excentré, où les animaux ont accès à la parcelle centrale et à quelques parcelles pâturées par un chemin d'exploitation, une grande partie de la surface est fauchée (affouragement en vert, ensilage) ;
- le territoire divisé en quartiers, dans lequel des lots d'animaux sont affectés à des quartiers organisés selon le mode excentré et reliés entre eux par un chemin d'exploitation, les animaux vont d'un quartier à l'autre selon leur type et leur stade physiologique.

LES STRATÉGIES D'ALIMENTATION

Les stratégies d'alimentation reposent sur trois éléments : la couverture des besoins des animaux par les aliments concentrés ; la valorisation de l'herbe produite ou l'achat de bagasse ou de paille ; la constitution de stocks.

Pour les aliments concentrés, tous les éleveurs adoptent une stratégie de couverture des besoins de production à un niveau élevé : 2 500 à 4 500 kilos par vache et par an. Ils le font d'autant plus que le fourrage grossier proposé est de faible valeur et que l'objectif de la filière laitière est d'augmenter la production locale de lait.

S'agissant du choix des aliments grossiers, certains éleveurs ont une stratégie d'autonomie fourragère. Ils visent l'intensification des prairies qui se traduit par la création ou le renouvellement des surfaces fourragères. A l'opposé, d'autres développent une stratégie d'achats. Ils privilégient la régularité de l'approvisionnement extérieur, qui, même s'il est de faible valeur alimentaire, reste constant dans l'année et peut être compensé par un surcroît de concentrés. Ils

stabilisent leur aménagement foncier et optent pour un chargement très élevé de la surface fourragère, limitant ainsi le recours à la récolte pour le stockage.

Les éleveurs attribuent différentes fonctions aux stocks. L'ensilage en silos permet de couvrir les besoins hivernaux. Les balles enrubannées permettent de gérer les aléas climatiques et les difficultés d'organisation du travail et parfois de régler les troubles métaboliques liés à la quantité élevée de concentrés dans la ration. Les stocks achetés — foin, paille de canne, bagasse — servent, pendant les périodes de soudure, à régler les problèmes métaboliques et à simplifier l'organisation du travail.

On observe donc deux tendances dans les stratégies d'alimentation selon la surface fourragère disponible et sa nature : celle qui tend à conjuguer la production fourragère, l'achat de sous-produits de la canne et un niveau de concentré raisonné, et celle qui privilégie les achats extérieurs de fourrages grossiers et de concentrés. Les élevages suivis oscillent donc entre ces deux tendances. La forte demande de la filière laitière les incitent cependant à opter pour la seconde démarche.

LES MODES D'ENCHAÎNEMENT TEMPOREL ET LES RÈGLES DE GESTION

L'analyse des pratiques et sa restitution aux éleveurs sous forme de calendrier ont permis d'effectuer un découpage dans le temps pour déterminer de grandes périodes homogènes quant à la stratégie mobilisée et aux moyens mis en œuvre pour l'alimentation du troupeau (pâturage, fertilisation, fauche, stocks, achats, complémentation). Ces grandes périodes sont appelées saisons-pratiques (GIRARD *et al.*, 1994). Le découpage peut également être réalisé sous forme d'unités décisionnelles contribuant à une même stratégie, appelées modules tactiques (GIRARD, 1995).

Pour les six cas étudiés, plusieurs saisons-pratiques ont été mises en évidence (figure 34). Selon les régions, les éleveurs gèrent leur élevage en 1, 2 ou 4 saisons. Le découpage en phases finalisées correspond aux pratiques de gestion du fourrage. S'agissant des tactiques d'alimentation, chaque éleveur a ses propres associations de règles. Cependant, on retrouve des modules tactiques identiques :

- constituer des réserves suffisantes pour anticiper la saison sèche ;
- gérer les aléas climatiques et les difficultés d'organisation du travail grâce aux balles enrubannées ;
- apporter des fourrages secs pour limiter les problèmes métaboliques ;
- constituer une ration très diversifiée pour atténuer les problèmes digestifs ;
- distribuer une ration régulière toute l'année avec beaucoup de concentrés.

Les règles mises en œuvre dans ces différentes tactiques visent à réaliser la stratégie d'alimentation du troupeau. Elles concernent l'allotement, l'organisation du territoire et sa gestion, le déroulement de l'alimentation au cours de l'année. Certaines sont générales ; elles sont mobilisées systématiquement. D'autres sont circonstanciées car elles n'interviennent qu'en cas d'aléas (climat, orga-

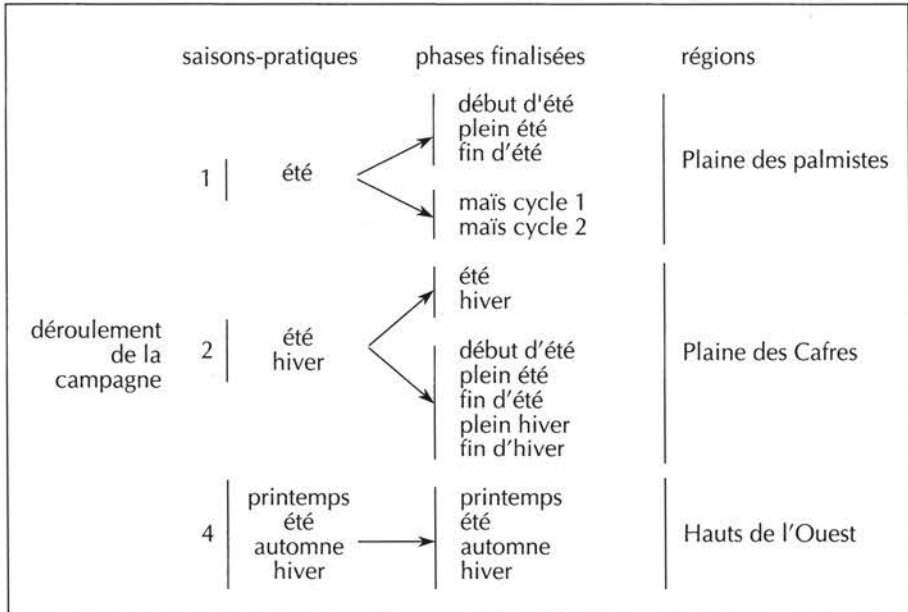


Figure 34. Découpage de la campagne en saisons-pratiques et phases finalisées, d'après FONTAINE (1998).

nisation du travail, disponibilité en matériel, possibilité d'achats, problèmes métaboliques). Pour s'affranchir des contraintes de gestion quotidienne, certains éleveurs misent sur des règles générales et mobilisent peu de règles d'adaptation aux aléas. A l'opposé, d'autres préfèrent réagir aux situations.

La constitution de réserves fourragères sous forme d'ensilage

Jean-Marie Paillat, Philippe Hassoun,
Jean-Yves Latchimy, Philippe Brunschwig,
Jacques Lepetit

L'aptitude à l'ensilage des fourrages produits à la Réunion est médiocre, voire très mauvaise pour les fourrages tropicaux. Un apport de mélasse et un ressuyage ou un préfanage sont donc nécessaires. Le film étirable pour l'enrubannage et son application sur la balle de fourrage conditionnent la qualité de conservation. L'étanchéité des balles a donc été testée, et des films ont été sélectionnés pour leur résistance aux conditions climatiques de l'île. La conservation des balles enrubannées dépend principalement de leur teneur en matière sèche. Les seuils de 27 % pour les graminées tempérées et de 40 % pour le kikuyu ont été déterminés. L'apport de glucides solubles, sous forme de mélasse, est favorable à la conservation, à condition que la teneur en matière sèche soit suffisamment élevée. De même, l'incorporation de ferments lactiques n'est vraiment efficace que si les teneurs en matière sèche et en glucides solubles sont suffisantes. Le tétraformiate d'ammonium (sel d'acide formique) est un mauvais conservateur pour les balles enrubannées. La conservation des ensilages en tas dépend principalement de la technique de confection des silos. Les ensilages sont pour la plupart très mauvais et les meilleurs d'entre eux se dégradent rapidement dès l'ouverture. La technique de réalisation doit donc être améliorée pour prétendre à une qualité supérieure. La technique de récolte (ensileuses à fléaux, double coupe ou coupe fine) n'a pas d'influence sur la qualité de conservation du fait d'un ressuyage insuffisant. Dès lors, l'ensilage en balles enrubannées est vite apparu comme une technique permettant d'améliorer la conservation (75 % d'ensilages bien conservés) car l'étanchéité est réalisée rapidement, la mélasse est bien répartie dans la masse du fourrage et le préfanage mieux réussi. Sur le plan des coûts de récolte, les différentes techniques utilisées ont des coûts comparables.

Une technique de conservation doit préserver au mieux le potentiel nutritif du fourrage vert, récolté en période excédentaire, afin qu'il puisse être restitué pendant une période de déficit fourrager. Dans les Hauts de l'île, le fanage n'est pas réalisable en raison des conditions climatiques difficiles, en particulier en période cyclonique, lors de la saison de surplus d'herbe. L'ensilage d'herbe constitue donc la principale solution envisagée pour ce report fourrager.

L'ensilage est un mode de conservation des fourrages en milieu humide et anaérobie. Son principe est de favoriser le développement des bactéries lactiques, acidifiantes. Si cette acidification est suffisamment rapide et importante, l'action des enzymes du fourrage est stoppée et celle des micro-organismes putréfiants est inhibée (DEMARQUILLY, 1979). Pour réaliser l'anaérobiose, le fourrage est contenu dans une enceinte hermétique interdisant l'entrée d'oxygène : silo, balles enrubannées. L'ensilage peut être réalisé soit en coupe directe, par une mise en silo aussitôt après la fauche, soit après un ressuyage — 25 à 30 % de matière sèche — ou un préfanage — 30 à 40 % de matière sèche (PAILLAT, 1995). Ce séchage préalable à l'ensilage permet d'éliminer une grande quantité d'eau, ce qui améliore la qualité de conservation, réduit la production d'effluents et diminue les temps de chantiers. La mi-fanage se situe entre foin et ensilage, la teneur en matière sèche est comprise entre 40 et 60 %, les fermentations y sont très réduites.

A partir des expériences antérieures d'ensilage d'herbe en silos à La Réunion (PAILLAT, 1988b), plusieurs objectifs ont été assignés aux recherches : analyser les facteurs intervenant dans la conservation des ensilages ; cerner la faisabilité de la technique d'ensilage en balles enrubannées ; comparer cette technique nouvelle aux techniques d'ensilage en silos (coupe directe, coupe fine). Les recherches se sont donc orientées vers quatre thèmes :

- l'aptitude des fourrages à l'ensilage et les conditions de dessiccation ;
- la résistance des films étirables en conditions tropicales et d'altitude ;
- la qualité de conservation des ensilages d'herbe et les processus fermentaires ;
- les coûts de confection des ensilages.

L'aptitude des fourrages à l'ensilage

Les teneurs en glucides solubles et le pouvoir tampon

Plus la teneur en glucides solubles est élevée, plus l'acidification par les bactéries lactiques est importante : une teneur minimale de 100 grammes par kilo de matière sèche assure une fermentation correcte (HAIGH, 1990). La teneur des graminées tropicales est beaucoup plus faible que celle des graminées tempérées (KIM et UCHIDA, 1991).

Le pouvoir tampon (MCDONALD et HENDERSON, 1962) mesure la capacité du fourrage à résister à l'abaissement du pH. Ce critère conditionne la quantité d'acide lactique nécessaire pour stabiliser l'ensilage. Plus sa valeur est élevée, plus difficile sera la baisse de pH. Le pouvoir tampon dépend principalement des anions présents dans la plante (JONES *et al.*, 1967, cités par MCDONALD *et al.*, 1991) ; il est lié aux teneurs en matières azotées totales et en cendres du fourrage.

Les conditions de végétation propres au climat tropical, mais avec des températures atténuées par l'altitude, modifient la répartition des constituants de la matière sèche : un même fourrage cultivé en altitude à la Réunion et en Europe ne présente pas les mêmes caractéristiques, s'agissant notamment de la résistance à l'acidification et de la teneur en glucides solubles.

Aucun des fourrages de la Réunion n'est facile à ensiler. En effet, par rapport aux données d'Europe (MCDONALD et HENDERSON, 1962 ; ANDRIEU *et al.*, 1986), leur teneur en glucides solubles est très variable et beaucoup plus faible (tableau 15), seul le printemps, d'octobre à novembre, est plus favorable (PAILLAT, 1995). Les températures élevées et l'enneigement important sont vraisemblablement à l'origine de ces faibles teneurs (ISSELSTEIN, 1993). En revanche, comparé aux données obtenues en France (ANDRIEU *et al.*, 1986), le pouvoir tampon est assez faible (tableau 15).

La réussite de l'ensilage à la Réunion dépend donc de l'apport de glucides solubles. De la qualité de la répartition de la mélasse dans la masse du fourrage résulte la bonne fermentation du fourrage. De plus, la quantité de mélasse à épandre doit être ajustée au type de fourrage, à la saison, à la teneur en matière sèche et au rendement fourrager.

Tableau 15. Teneur en glucides solubles et en matières azotées totales et pouvoir tampon des fourrages récoltés au stade feuillu.

Espèce	Teneur en glucides solubles (g/kg MS)		Teneur en matières azotées totales (g/kg MS)	Pouvoir tampon (mg/g MS)	
	moyenne	extrêmes		moyenne	extrêmes
Kikuyu	25	10-40	142	52	22-85
Dactyle	34	2-102	179	30	25-37
Chloris ³	26	10-49	92	36	24-43
Brome ²	76	58-109	201	48	43-55
Ray-grass anglais	67	14-188	176	43	37-50
Ray-grass hybride ¹	61	24-106	149	63	54-78
Ray-grass d'Italie	90	17-231	172		

1. Données de février à avril.

2. Données de septembre et octobre.

3. Données de février à mai.



Epandage de mélasse sur les andains, réalisé juste avant le pressage (photo J.L. Allègre).



Dispositif de suivi de la dessiccation sur andains (photo J.M. Paillat).

La dessiccation du fourrage

La teneur en matière sèche conditionne également l'aptitude des fourrages à l'ensilage. Le ressuyage ou le préfanage permettent d'améliorer la conservation. De plus, l'ingestion d'un fourrage plus sec est meilleure (DULPHY et MICHALET-DOREAU, 1981). Plus la teneur en matière sèche du fourrage récolté est faible, plus l'acidification devra être importante (WIERINGA, 1969, cité par DEMARQUILLY, 1979). Cette teneur dépend surtout de la dessiccation au champ (WILMAN et OWEN, 1982). La quantité d'eau à évaporer dépend du rendement fourrager, du stade végétatif et de la hauteur de fauche (DEMARQUILLY, 1987).

La dessiccation se produit surtout par l'intermédiaire des stomates des feuilles. Leur fermeture n'intervient qu'une heure après la fauche de la plante (CLARK et al., 1977, cités par JONES, 1979). Si le temps est séchant, l'évaporation

d'eau est alors très rapide jusqu'au ressuyage. Les limbes se dessèchent beaucoup plus vite que les tiges. La dessiccation d'un fourrage feuillu sera donc plus rapide. L'énergie nécessaire au séchage provient du rayonnement solaire qui augmente le déficit de saturation de l'air (JONES et HARRIS, 1980) alors que l'humidité le diminue. Le vent, en renouvelant l'air autour de l'andain, contribue à une meilleure évaporation (CABON, 1987). Conditionnement, éparpillement et retournement d'andains améliorent le séchage (GAILLARD, 1987).

Les conditions de dessiccation (région, saison, surface, conditions de mécanisation, proportion d'espèces tempérées, stade végétatif, conditions météorologiques, teneur en matière sèche, rendement fourrager) ont été enregistrées sur les chantiers d'ensilage (PAILLAT, 1995). De même, la dessiccation en andains a été suivie sur plusieurs chantiers.

Avec une durée d'insolation longue, un fort rayonnement solaire (figure 35) et des vitesses de vent élevées, la Plaine des Cafres (1 550 mètres) présente les meilleures conditions pour le séchage du fourrage. Cependant, le déficit de saturation de l'air y est faible (PAILLAT, 1995), d'où une durée de séchage qui doit être prolongée. Le fanage, aussitôt après la fauche, peut s'avérer intéressant pour profiter de l'insolation (JONES et HARRIS, 1980). La période de septembre à janvier semble la plus intéressante pour la récolte ; elle permet une récolte de fourrage jeune, de qualité, présentant une bonne aptitude à l'ensilage, avec des rendements modérés autorisant une dessiccation rapide. Le mois de février est à éviter. Les stocks constitués de mars à mai seront souvent de moindre qualité (fourrage plus âgé et difficile à sécher).

La Plaine des Palmistes (1 025 mètres) présente des conditions de dessiccation plus difficiles compte tenu de la fréquence des pluies. De janvier à mars, l'ensilage en balles enrubannées est aléatoire. Tout le reste de l'année est en revanche favorable à cette dernière technique. La période d'août à décembre est la plus propice. L'insolation matinale doit être utilisée en fanant le fourrage tôt, le regroupement en andain aéré effectué l'après-midi permet de continuer la dessiccation grâce à l'action de la température et du vent.

La région des Hauts de l'Ouest (1 105 mètres) est la plus défavorable à la dessiccation : déficit de saturation faible (températures assez faibles et humidités élevées), très faible insolation, vents inexistant (PAILLAT, 1995). Les risques pluviométriques, excepté en février, sont limités, la dessiccation peut donc être prolongée. La période la plus favorable se situe de mars à juin. Une fauche l'après-midi paraît la méthode la plus intéressante, car elle permet de couper un fourrage plus riche en matière sèche et en glucides solubles (WAITE *et al.*, 1953, cités par McDONALD *et al.*, 1991) et elle autorise un séchage dès le lendemain matin en profitant des rares heures d'insolation. Le fanage est peu efficace, un retournement fréquent des andains renouvelle l'air humide emprisonné et maintient l'andain suffisamment aéré. Il faut cependant veiller à ne pas incorporer de terre dans l'andain lors du retournement. Le rendement fourrager doit être modéré afin de ne pas surcharger les andains.

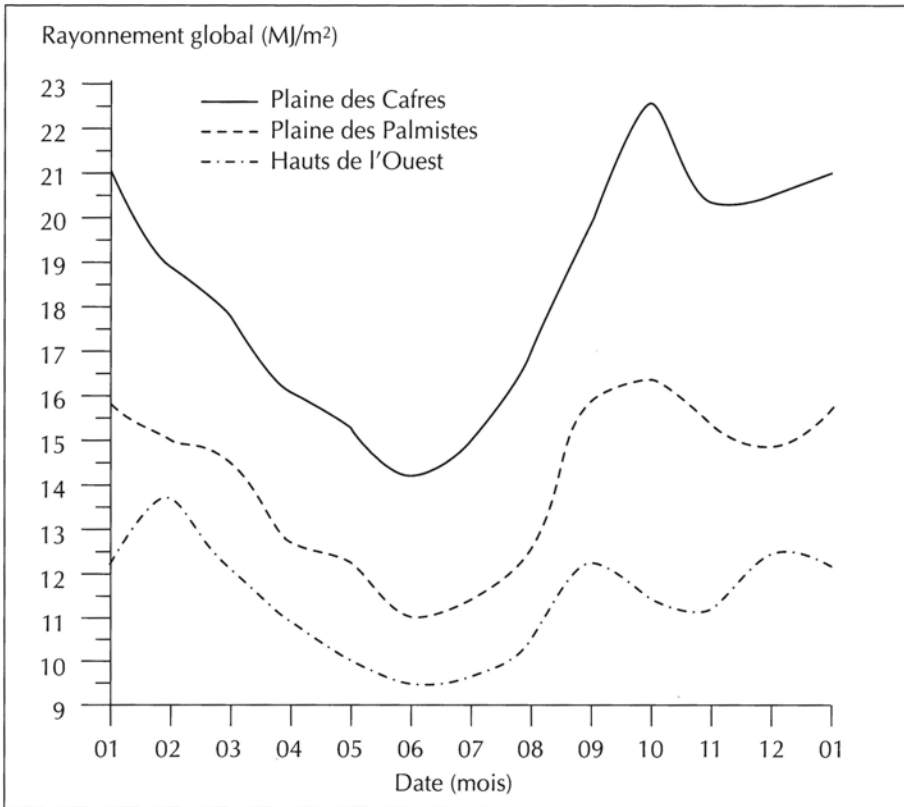


Figure 35. Rayonnement global moyen quotidien en fonction du mois pour la Plaine des Palmistes, la Plaine des Cafres et les Hauts de l'Ouest (1984-1991).

L'observation des chantiers confirme globalement l'étude des caractéristiques météorologiques (tableau 16). Les Hauts de l'Ouest présentent des conditions difficiles : il faut viser deux à trois jours de séchage au minimum pour atteindre une teneur en matière sèche compatible avec l'ensilage en balles enrubanées. Dans la région des Plaines, les conditions climatiques autorisent une dessiccation plus rapide, notamment le matin. Les meilleures conditions de séchage sont en liaison avec une forte proportion d'espèces tempérées (PAILLAT, 1995).

L'installation de graminées tempérées est préférable : elles ont une meilleure aptitude à la dessiccation et une teneur en glucides solubles plus élevée. La fétuque devrait être choisie plus souvent car elle se dessèche très rapidement (DEMARQUILLY, 1987). Pour les ray-grass, plus difficiles à sécher, il faut éviter les forts rendements et récolter un fourrage riche en feuilles (PAILLAT, 1995).

Il est, en outre, possible d'agir sur certains facteurs pour améliorer la dessiccation. La maîtrise du rendement fourrager est le principal facteur qui influence les performances de séchage (PAILLAT, 1995). Avec un rendement non maîtrisé, supérieur à 4 tonnes de matière sèche par hectare, il est nécessaire de couper

Tableau 16. Dessiccation du fourrage dans les trois régions étudiées.

	Hauts de l'Ouest	Plaine des Cafres	Plaine des Palmistes	F
Teneur en matière sèche à la récolte (%)	22,4 ^a	31,3 ^b	33,9 ^b	**
Gain de matière sèche (%)	4,6 ^a	15,0 ^b	15,1 ^b	**
Durée moyenne de séchage (h)	7,7	6,2	6,3	ns
Quantité d'eau évaporée (kg/ha)	3 009 ^a	1 0613 ^b	8 338 ^b	***

ns : non significatif ; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$. Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

à une hauteur importante (100 millimètres), qui permet de réduire la quantité d'eau à évaporer et de ventiler efficacement l'andain. Dans ces conditions, un fanage durant la matinée puis un séchage en andains larges l'après-midi doivent permettre d'atteindre 25 %, voire 35 %, de matière sèche. Avec un rendement normal, de 3 à 4 tonnes de matière sèche par hectare, et une hauteur de coupe de 75 millimètres, le réglage de la faucheuse pour faire des andains aérés et larges (1,20 mètre) et le retournement des andains durant la matinée doivent assurer une dessiccation satisfaisante. Avec des rendements plus faibles, inférieurs à 3 tonnes de matière sèche par hectare, une hauteur de coupe de 50 millimètres maximise le rendement tout en assurant une dessiccation suffisante.

L'étanchéité des balles enrubannées

Pour favoriser la fermentation lactique indispensable à une acidification suffisante de l'ensilage et en assurer la conservation sur une longue période, il est



Réglage de la hauteur de fauche en fonction du rendement fourrager pour améliorer le séchage du fourrage (photo J.M. Paillat).

impératif que les silos soient hermétiques. L'emballage des balles enrubannées constitué avec le film étirable doit donc être étanche à l'air et suffisamment résistant aux conditions climatiques.

Les tests d'étanchéité sur films étirables

Une balle expérimentale, en tubes métalliques, représentant les dimensions théoriques d'une balle de fourrage (1,20 mètre × 1,20 mètre) constitue la référence utilisée pour le test d'étanchéité (NF T-54190 et NF T-54191 ; GAILLARD, 1994). L'étanchéité des emballages est mesurée par des différences de pressions à l'équilibre (paliers) ou à la rupture pour des débits d'air injecté connus (GAILLARD et BERNER, 1989). Plusieurs études ont été menées sur cette balle : reproductibilité des tests, comparaison des films étirables, étanchéité des faces planes, influence du nombre de couches, effet collant (PAILLAT, 1995).

Les mesures d'étanchéité sur balle expérimentale permettent d'apprécier l'aptitude des films étirables à l'enrubannage (tableau 17), elles sont complémentaires des tests du laboratoire national d'essais : élongation, résistance à la perforation, aspect collant, vieillissement (LAMBERT, 1993).

Plusieurs facteurs d'étanchéité ont également été identifiés (figure 36). L'air passe préférentiellement par les faces planes, leur bombage permet d'améliorer notablement l'étanchéité. L'augmentation du nombre de couches de film permet d'améliorer considérablement l'étanchéité, mais le coût engendré par l'application de couches supplémentaires devra être raisonné en fonction de la durée de stockage prévue pour l'ensilage. L'effet collant, qui dépend de la température, de la couleur et du type de film conditionne très fortement l'étanchéité : pour certains films, l'étanchéité augmente avec le temps, alors que

Tableau 17. Valeurs du coefficient d'étanchéité et du coefficient de variation pour différents films et comparaison à la norme NF T-54190.

	C	D	F	G	B et H	E	A
Largeur du film (cm)	75	50	50	75	50	50	50
Nombre de répétitions	10	6	6	3	6	6	3
Coefficient d'étanchéité moyen***	0,18 ^a	0,25 ^b	0,25 ^b	0,27 ^{bc}	0,29 ^{bc}	0,32 ^c	0,39 ^d
Coefficient de variation (%)	17	28	13	2	16	17	10
Coefficient d'étanchéité moyen/norme	112	1,56	1,55	1,68	1,79	1,97	2,43

Le coefficient d'étanchéité est la pente de la droite $\Delta P = f(Q_v)$ établie avec plusieurs débits inférieurs à 4 l/min.

Le coefficient d'étanchéité norme correspond à une différence de pression de 0,4 mbar pour un débit de 2,5 l/min.

*** : $p < 0,001$. Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

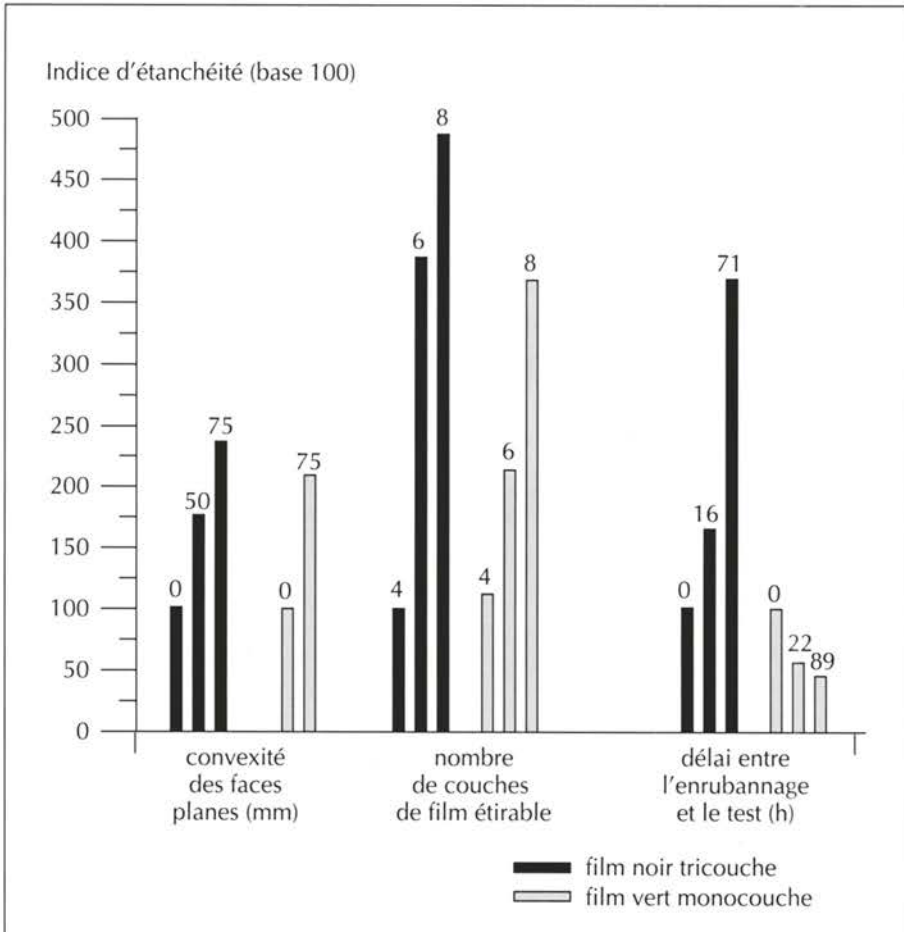


Figure 36. Comparaison de l'étanchéité de l'enrubannage selon différents facteurs.

pour d'autres elle diminue, ce qui est préjudiciable à une bonne conservation de l'ensilage. Une rupture d'étanchéité liée à une surpression momentanée dans la balle provoquant le passage d'air entre les couches de films n'est pas rédhibitoire pour l'étanchéité de l'emballage, dès lors que le film est suffisamment collant.

L'exposition des films étirables

Six films ont été étirés en 4 couches sur des balles posées sur une de leurs faces planes, sur le site de Saint-Pierre, à 170 mètres d'altitude. De plus, conformément à la norme NF T-51165 (AFNOR, 1980), ces films ont été comparés pour trois taux d'étirage — 10 %, 60 % et 120 % — sur des cadres en bois, à Saint-Pierre et à la Plaine des Cafres, à 1 500 mètres d'altitude.



Exposition des films étirables sur des cadres en bois inclinés à 21° et orientés vers le nord, à la Plaine des Cafres, à 1 500 mètres d'altitude (photo J.M. Paillat).

Ces expositions, bien que leurs résultats soient longs à obtenir, sont très importantes pour sélectionner des films aptes à l'étirage et assurant une étanchéité durable. L'exposition dans différents sites est également primordiale, tant les conditions peuvent varier d'une région à l'autre, notamment en zone de montagne. La durée de vie du film est le critère synthétique le plus facile à traiter. Sous climat tropical et en altitude, les films noirs et tricouches semblent les plus aptes à l'enrubannage. Les films clairs et monocouche n'ont pas une longévité suffisante (figure 37). Parmi les films testés, le film noir tricouche D s'est avéré le plus satisfaisant (PAILLAT *et al.*, 1996).

Les résultats concernant l'étanchéité de l'enrubannage permettent de mieux connaître l'aptitude à l'emploi des films étirables en conditions difficiles de climat et d'altitude et apportent une contribution à leur méthode de certification. D'autres études seraient nécessaires pour cerner les paramètres climatiques agissant sur l'usure des films et les simuler en enceinte de vieillissement. La marque de qualité « film étirable » pourrait alors être enrichie de labels d'aptitude à l'emploi pour différentes régions : Europe du Nord, Europe du Sud, zones tropicales, zones d'altitude.

La conservation des ensilages d'herbe

Les processus fermentaires et la notation de la qualité des ensilages

Après la coupe, la respiration, qui a pour conséquence une consommation des glucides solubles préjudiciable à l'acidification (DEMARQUILLY, 1979),

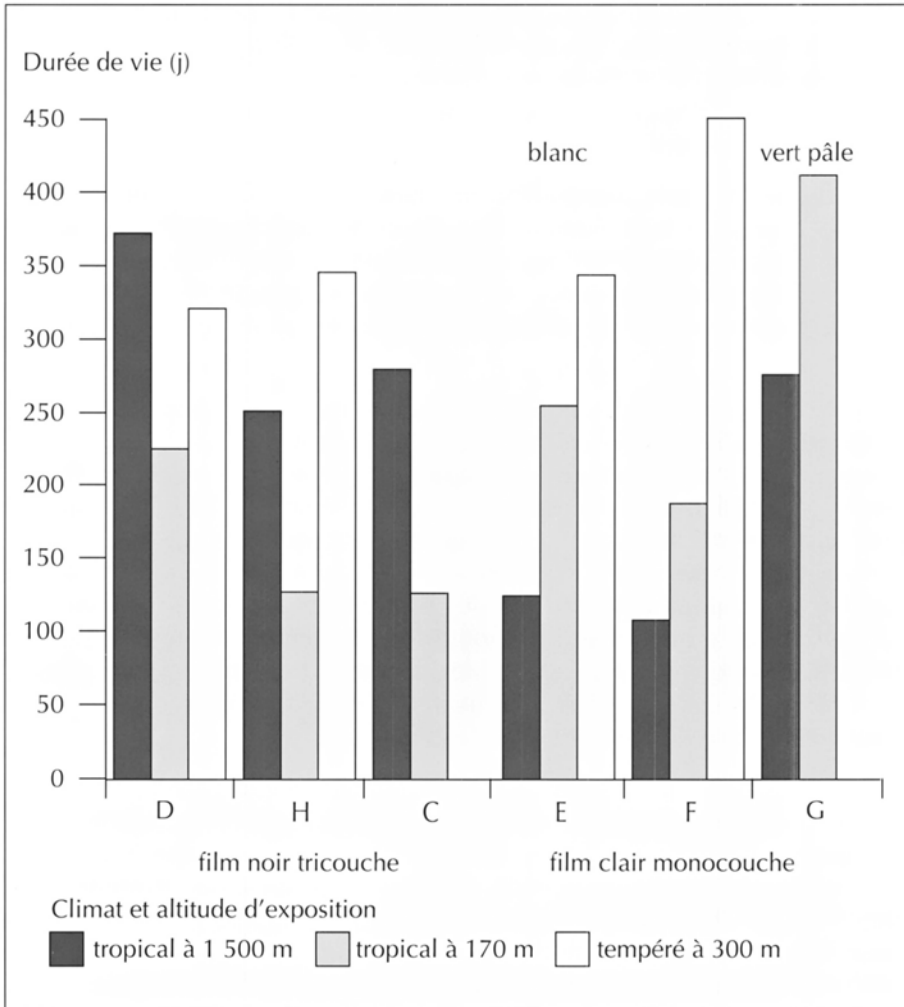


Figure 37. Durée de vie de différents films étirables, selon la couleur et l'exposition (les données sur le site « tempéré à 300 mètres » ont été obtenues par le Cemagref de Montoldre).

continue, les glucides solubles sont hydrolysés en sucres et la protéolyse entraîne une augmentation importante de la fraction azotée soluble moins bien valorisée par l'animal (WHITTENBURY *et al.*, 1967, cités par McDONALD *et al.*, 1991).

Toutes les espèces bactériennes présentes sur le fourrage vert, hormis les sporulées, se développent dès la mise en silo (GOUET, 1979). Les bactéries aérobies s'arrêtent très rapidement par manque d'oxygène. Le développement des coliformes est stoppé par la baisse du pH. Ces bactéries peuvent, cependant, produire une quantité importante d'ammoniac (HENDERSON,

1984 ; 1987, cité par MCDONALD *et al.*, 1991) et leur consommation de glucides solubles est néfaste au développement de la flore lactique. En conditions anaérobies, certaines levures transforment les sucres en alcool (ensilages de canne à sucre) et entrent de ce fait en concurrence avec les bactéries lactiques (CELANIE, 1982).

Les bactéries lactiques provoquent une acidification plus ou moins rapide selon les espèces et les conditions de milieu. Les bactéries homofermentaires fermentent efficacement les hexoses en acide lactique ; c'est la réaction recherchée dans l'ensilage (BECK, 1972, cité par MCDONALD *et al.*, 1991). Les bactéries hétérofermentaires provoquent une acidification plus lente (GOUET, 1979).

Si l'acidification n'est pas suffisamment forte et rapide, les spores butyriques germent (LEIBENSPERGER et PITT, 1987). Les bactéries butyriques saccharolytiques dégradent alors l'acide lactique, provoquant la hausse du pH et la déstabilisation de l'ensilage. Leur domaine d'activité est représenté par la droite caractérisant le pH de stabilité : pH = 3,8 pour 15 % de matière sèche et pH = 5,0 pour 45 % de matière sèche (WIERINGA, 1969, cité par DEMARQUILLY, 1979). Favorisées par la remontée du pH, les bactéries butyriques protéolytiques hydrolysent les protéines et les peptides et peuvent produire des amines toxiques, des acides gras volatils, de l'ammoniac et du gaz carbonique (OHSHIMA et MCDONALD, 1978). La dégradation de l'ensilage devient alors importante, le rendant impropre à la consommation.

Dans les ensilages de fourrages tropicaux, la flore lactique homofermentaire n'est pas favorisée (peu de glucides solubles), alors que la flore hétérofermentaire serait prépondérante (XANDE, 1978). Cette situation conduit à des ensilages contenant beaucoup d'acide acétique et d'ammoniac (CATCHPOOLE, 1965 ; 1970 ; 1971, cité par CELANIE, 1982 ; KIM et UCHIDA, 1991). Avec une phase initiale acétique, suivie d'une phase butyrique, les ensilages de fourrages tropicaux sont difficiles à stabiliser (AGUILERA, 1975, cité par CELANIE, 1982).

Le barème de l'Inra de Theix (tableau 18) répartit les ensilages en cinq classes selon les produits issus de la fermentation (DULPHY et DEMARQUILLY, 1981). En effet, au cours de la fermentation, les glucides solubles et les acides organiques disparaissent presque complètement pour former de l'acide lactique, des acides gras volatils et des alcools. Une partie des protéines, des amides et des peptides est dégradée en acides aminés, eux-mêmes plus ou moins dégradés en ammoniac, acides gras volatils ou amines (DEMARQUILLY, 1979). Pour apprécier la qualité de conservation, on utilise comme critères la proportion d'ammoniac et d'acide butyrique et le pH en fonction de la matière sèche. L'ingestibilité de l'ensilage dépend de la proportion d'ammoniac et des quantités d'acides gras volatils, notamment d'acide acétique. Les proportions d'ammoniac et d'azote soluble permettent d'apprécier la qualité de l'azote.

Tableau 18. Qualité de conservation des ensilages d'herbe selon le barème de DULPHY et DEMARQUILLY (1981).

	Acides gras volatils (mmol/kg MS)	Acide acétique (g/kg MS)	Acide butyrique (g/kg MS)	Azote ammoniacal (% azote total)	Azote soluble (% azote total)
Excellent	< 330	< 20	0	< 7	< 50
Bon	330-660	20-40	< 5	7-10	50-60
Médiocre	660-1 000	40-55	> 5	10-15	60-70
Mauvais	1 000-1 330	55-75	> 5	15-20	> 70
Très mauvais	> 1 330	> 75	> 5	> 20	> 75

Une notation a été jointe à ce barème, afin de proposer une caractérisation synthétique regroupant plusieurs critères d'appréciation des ensilages (PAILLAT, 1995). A partir de ce barème modifié, des équations permettent de donner une note pour chaque caractéristique fermentaire. Quatre notes synthétiques sont ensuite calculées à partir des notes de base :

- note de stabilité = note (ΔpH), où $\Delta\text{pH} = \text{pH ensilage} - 0,04 \text{ MS} - 3,2$ (MS = pourcentage de matière sèche) d'après WIERINGA (1969, cité par DEMARQUILLY, 1979), si ΔpH est inférieur à 0, l'ensilage est bien conservé, si ΔpH est supérieur ou égal à 0, l'ensilage est mal conservé ;
- note de conservation = $1/3$ note d'acide acétique + $1/3$ note d'acide butyrique + $1/3$ note d'azote ammoniacal ;
- note d'ingestibilité = $1/3$ note d'acides gras volatils + $1/3$ note d'acide acétique + $1/3$ note d'azote ammoniacal ;
- note de qualité de l'azote = $2/3$ note d'azote ammoniacal + $1/3$ note d'azote soluble.

L'analyse descriptive de la conservation des balles enrubannées

Soixante chantiers ont été suivis chez les éleveurs. Trois à cinq balles y ont été échantillonnées, soit 226 échantillons prélevés puis analysés afin de déterminer leurs teneurs en produits de fermentation. De plus, les données enregistrées ou mesurées ont concerné la région, l'année et la saison de récolte, l'apport de lisier avant la récolte, l'espèce dominante récoltée, la proportion d'espèces tempérées, le stade végétatif, les teneurs en matière sèche et en matières azotées totales, le fanage, les conditions de mécanisation, les conditions météorologiques, le rendement fourrager, l'apport de mélasse et la durée de conservation (PAILLAT, 1995).

Les analyses statistiques descriptives des ensilages en balles enrubannées montrent que la plupart des conditions de récolte ont une influence sur la conser-



Pressage
du ray-grass
hybride récolté
à la Plaine
des Cafres
(photo
J.M. Paillat).

Enrubannage
de fétuque
récoltée à la
Plaine des
Cafres (photo
J.L. Allègre).



vation des ensilages. La qualité de conservation résulte d'une teneur en matière sèche élevée, d'une forte proportion d'espèces tempérées et de bonnes conditions de récolte, qu'elles soient liées à la mécanisation ou à la météorologie (PAILLAT *et al.*, 1993 ; PAILLAT, 1995). Cependant, la teneur en matière sèche demeure le facteur essentiel, ce qui est en accord avec les références métropolitaines (CORROT et DELACROIX, 1991 ; ANDRIEU *et al.*, 1992 ; DELACROIX et CORROT, 1992). Les régions se différencient très nettement sur ces principaux aspects : ensilages médiocres dans les Hauts de l'Ouest, moyens à la Plaine des Cafres et bons à la Plaine des Palmistes.

L'amélioration de la conservation des ensilages en balles enrubannées est possible en choisissant des espèces aptes à la fauche, qui sèchent facilement. La maîtrise du stade de récolte et du rendement fourrager conditionne aussi l'obtention d'une teneur en matière sèche élevée, d'autant plus que les conditions météorologiques sont difficiles. L'aptitude à la mécanisation des parcelles et à la récolte du fourrage est également déterminante pour la réussite de l'ensilage.

Les facteurs intervenant dans les fermentations des balles enrubannées

A partir des résultats des analyses descriptives, plusieurs dispositifs d'essais ont été mis en place pour déterminer plus précisément les facteurs assurant une bonne conservation des ensilages en balles enrubannées (PAILLAT, 1995).

Un essai a été mis en place sur du dactyle récolté à l'épiaison à la Plaine des Palmistes (P. Marianne) afin d'étudier l'influence de différents teneurs en matière sèche et quantités de sucres ajoutées.

Une série de quatre essais a été menée par la Sicalait afin d'étudier l'influence de l'addition de conservateurs et de sucres sur deux types de fourrages difficiles à ensiler, le dactyle et le kikuyu, récoltés à deux teneurs en matière sèche (20 % et 30 %). Deux conservateurs ont été employés : un inhibiteur de fermentation, le Foraform ou tétraformiate d'ammonium, sel d'acide équivalent à 640 grammes par kilo d'acide formique, et un stimulant biologique de fermentation, le Caylasil, composé de bactéries lactiques homofermentaires et d'enzymes.

Plusieurs suivis en laboratoire ont consisté à comparer deux balles enrubannées confectionnées avec deux traitements différents. Sept comparaisons de cinétiques d'acidification ont été réalisées : teneur en matière sèche faible et élevée, ensilage avec ou sans mélasse (2 fourrages), apport de conservateur biologique ou non (2 fourrages × 2 teneurs en matière sèche).

L'INFLUENCE DE LA TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE ET DE L'ESPÈCE

La teneur en matière sèche est de loin le premier facteur déterminant la qualité de conservation. Elle dépend des conditions de récolte avec, par ordre discriminant, les conditions climatiques, le fourrage (stade, teneur en matières azotées totales, proportion d'espèces tempérées, rendement fourrager) et les conditions de mécanisation. L'espèce fourragère est déterminante pour l'obtention d'une teneur en matière sèche élevée. En effet, le kikuyu est difficile à sécher, même dans des conditions climatiques favorables ; il faut réduire son rendement fourrager en récoltant à un stade jeune.

Toutes les caractéristiques fermentaires des ensilages sont liées négativement par des fonctions de type logarithmique à la teneur en matière sèche (PAILLAT, 1995). Les teneurs en azote ammoniacal (en pourcentage de l'azote total) et en acide acétique restent assez élevées, même au-delà de 33 % de matière sèche. Lorsque la quantité de glucides solubles n'est pas limitante, les ensilages présentent un profil fermentaire plutôt lactique si la teneur en matière sèche est supérieure à 27 %. En dessous de ce seuil, l'acidification est moindre et les teneurs en acides acétique et butyrique et en alcools sont élevées (figure 38). L'intensité d'acidification des ensilages préfanés ou mi-fanés est moins importante que celle des ensilages simplement ressuyés, mais leur stabilité est

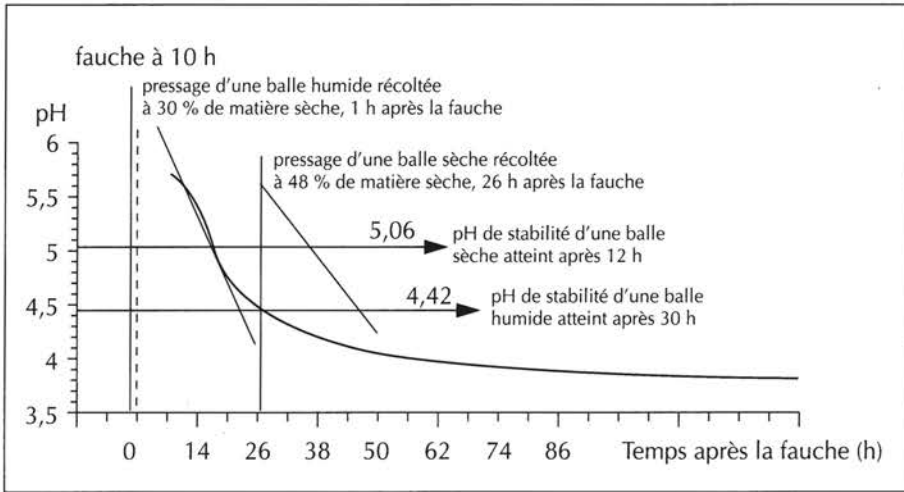


Figure 38. Influence de la teneur en matière sèche sur l'acidification d'un ensilage de dactyle, récolté au stade épiaison avec un apport de sucres de 40 g/kg de matière sèche.

obtenue plus rapidement. La contamination en spores butyriques ne devient réellement faible que pour une teneur en matière sèche supérieure à 40 %.

Trois seuils de matière sèche définissent quatre classes de qualité de conservation : si la teneur en matière sèche est inférieure à 22 %, les ensilages sont mauvais ; si elle est comprise entre 22 et 27 %, les ensilages sont médiocres à moyens ; si elle est comprise entre 27 et 40 %, les ensilages sont moyens à bons ; si elle est supérieure à 40 %, les ensilages sont excellents (PAILLAT, 1995 ; tableau 19).

Tableau 19. Notations synthétiques sur 20 par classe de teneur en matière sèche.

	Classes de teneur en matière sèche					F
	< 22 %	22 à 27 %	27 à 33 %	33 à 40 %	> 40 %	
Conservation	9,2 ^a	11,9 ^b	13,8 ^c	14,5 ^c	16,4 ^d	***
Ingestibilité	11,5 ^a	13,8 ^b	15,1 ^c	15,2 ^c	17,0 ^d	***
Qualité de l'azote	9,6 ^a	12,1 ^b	14,8 ^c	15,3 ^{cd}	16,4 ^d	***
Absence de spores	3,1 ^a	6,3 ^b	6,7 ^b	9,2 ^{bc}	12,1 ^c	***

*** : $p < 0,001$. Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

L'espèce est déterminante (tableau 20). Le kikuyu, malgré un pouvoir tampon faible, un apport important de sucres (mélasse) et une teneur en matière sèche assez élevée, s'ensile difficilement. Les graminées tempérées s'ensilent correctement si la teneur en matière sèche dépasse 27 % et à condition d'ajouter des glucides solubles au fourrage, même pour les ray-grass.

Tableau 20. Principales caractéristiques fermentaires des ensilages en balles enrubanées, pour différentes espèces fourragères, en distinguant deux classes de teneur en matière sèche.

	Teneur en matière sèche < 27 %				Teneur en matière sèche > 27 %			
	Ray-grass brome	Dactyle féтуque	Kikuyu	F	Ray-grass brome	Dactyle féтуque	Kikuyu	F
Matière-sèche (%)	23,5	22,9	21,9	ns	38,7	37,5	36,0	ns
Δ pH	0,18 ^a	0,18 ^a	0,40 ^b	*	-0,44	-0,49	-0,35	ns
Azote ammoniacal (% azote total)	9,9 ^a	13,3 ^a	17,3 ^b	***	8,7 ^{ab}	7,7 ^a	10,5 ^b	*
Acide acétique (g/kg MS)	17,6	20,8	19,3	ns	17,6 ^a	13,8 ^a	24,3 ^b	***
Acide butyrique (g/kg MS)	7,8	10,3	10,5	ns	4,6	3,2	4,9	ns

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$.

Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

L'INFLUENCE DE L'APPORT DE SUCRES

L'incorporation de mélasse, de lactosérum, de farines de céréales (additionnées d'enzymes) ou de diverses pulpes est très efficace si les quantités ajoutées sont suffisantes. Il est inutile d'ajouter des glucides solubles à des fourrages suffisamment riches, l'excès se traduisant par des teneurs plus élevées en acide acétique, facteur d'inappétence, et en alcool (DEMARQUILLY, 1979).

L'apport de sucres n'est pas le premier facteur d'orientation des fermentations : il permet une acidification plus importante (figures 39 et 40), mais en augmente peu la vitesse (TJANDRAATMADJA *et al.*, 1994). L'apport de mélasse réduit la production d'ammoniac, qui reste cependant élevée, et d'acide butyrique. Il favorise systématiquement la production d'alcools (PAILLAT, 1995).

Dans le cas de graminées tempérées, l'apport de mélasse compense la pauvreté en glucides solubles du fourrage, en favorisant une acidification lactique plus poussée, à condition que la teneur en matière sèche soit assez élevée, supérieure à 27 %. En dessous de cette teneur, l'acidification n'est pas assez rapide et la flore butyrique, favorisée par des températures élevées (CELANIE, 1982), devient vite performante et dégrade les ensilages (figure 40).

Dans le cas du kikuyu, les ensilages sont mal conservés en dessous de 27 % de matière sèche et présentent des caractéristiques butyriques marquées. L'apport de mélasse améliore peu cette conservation, voire renforce l'action de bactéries non désirées (tableau 21). Pour une teneur en matière sèche supérieure à 27 %, l'acidification lactique paraît suffisante, mais elle n'est pas assez rapide ;

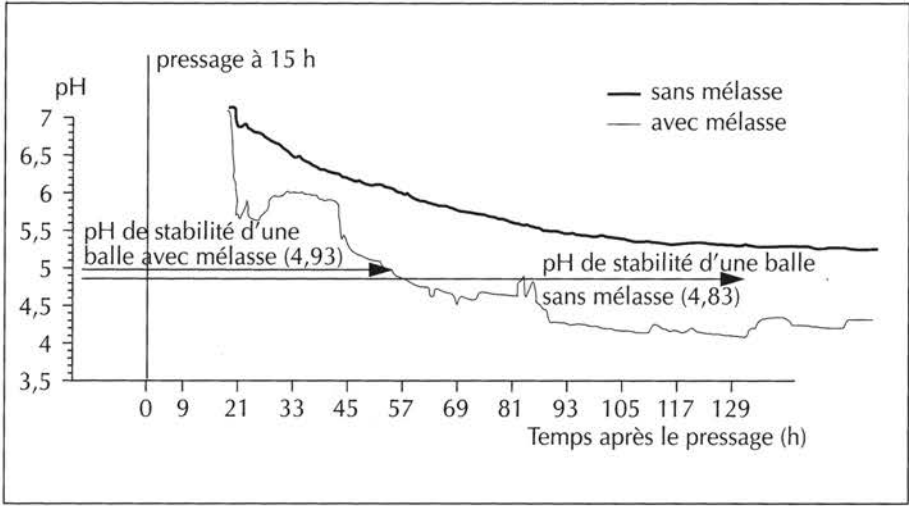


Figure 39. Influence de l'apport de mélasse sur l'acidification d'un ensilage de dactyle, de ray-grass hybride et de kikuyu, récoltés au stade feuillu avec une teneur en matière sèche de 40 %.

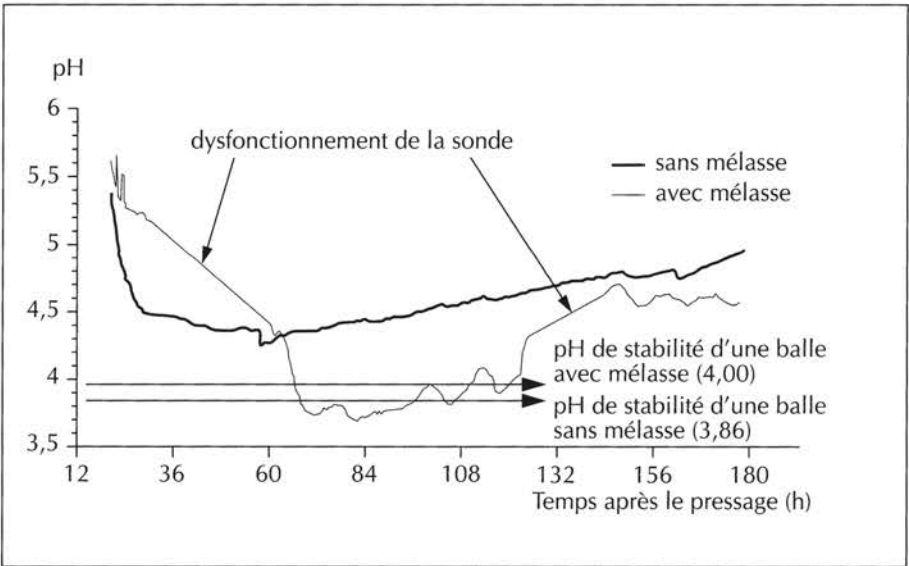


Figure 40. Influence de l'apport de mélasse sur l'acidification d'un ensilage de dactyle, récolté au stade feuillu avec une teneur en matière sèche de 15 %.

la production d'ammoniac est toujours élevée ainsi que, dans une moindre mesure, celle d'acide butyrique. Même lorsque le kikuyu est récolté en mélange avec des graminées tempérées, il faut atteindre 40 % de matière

Tableau 21. Influence de l'apport de sucres (mélasse) sur le kikuyu récolté avec une teneur en matière sèche de 20 %, au stade stolons.

Apport de sucres (g/kg MS)	0	50	70	F
Glucides solubles totaux, mélasse + fourrage (g/kg MS)	20	70	90	—
Teneur en matière sèche (%)	20,2	21,0	21,4	ns
Δ pH	0,83 ^c	0,54 ^b	0,25 ^a	***
Azore ammoniacal (% N total)	20,9 ^b	16,9 ^a	21,3 ^b	**
Acide acétique (g/kg MS)	22,3 ^b	17,0 ^{ab}	13,9 ^a	*
Acide butyrique (g/kg MS)	13,1 ^b	11,5 ^{ab}	7,3 ^a	*

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$.

Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

sèche pour que l'ensilage soit bien conservé. Le hachage du fourrage devrait améliorer la conservation des ensilages de kikuyu préfané à 35 % de matière sèche.

Pour les ensilages humides, la diminution des produits indésirables reste insuffisante, même avec une quantité importante de mélasse (PAILLAT *et al.*, 1997a). Celle-ci renforce même, parfois, l'action de bactéries peu acidifiantes. Elle ne permet vraiment une bonne conservation que si la teneur en matière sèche est supérieure à 27 % pour les graminées tempérées et à 40 % pour le kikuyu (DE FIGUEIREDO et DO CEU, 1989).

L'INFLUENCE DE L'APPORT DE CONSERVATEURS

Des ferments lactiques homofermentaires peuvent être incorporés au fourrage (LINDGREN *et al.*, 1988 ; ANDRIEU *et al.*, 1990 ; KENNEDY, 1990). Ils doivent être apportés en quantité suffisante et ne sont efficaces que si la quantité de glucides fermentescibles permet une acidification rapide et suffisante. L'incorporation d'enzymes est complémentaire de l'action des inoculants bactériens. Les inoculants agissent au début de la fermentation en intensifiant l'acidification, les amylases et les cellulases permettent de compléter la fermentation en libérant des sucres à moyen et à plus long terme (PITT, 1990).

L'acide formique, qui abaisse instantanément le pH à 4,3-4,6, la fermentation lactique prenant ensuite le relais pour stabiliser l'ensilage, est actuellement un des conservateurs les plus efficaces. Sur les fourrages tropicaux, son efficacité est cependant moins nette que sur les fourrages tempérés (CELANIE, 1982 ; LAVEZZO *et al.*, 1989). Certains sels d'acide formique sont également employés, mais leur efficacité est moindre (MCDONALD *et al.*, 1991). Le formol, employé en faible quantité (1 à 1,5 litre par tonne de matière verte)

avec l'acide formique, permet de diminuer la dose d'acide et de tanner suffisamment, mais pas trop, les protéines.

Le sel d'acide formique sous forme de tétraformiate d'ammonium n'est pas un conservateur efficace pour les balles enrubannées dans les conditions de la Réunion (PAILLAT *et al.*, 1997a). Même à dose élevée (5 litres par tonne de matière verte), il réduit peu les produits de fermentation. De plus, il inhibe la flore lactique, ce qui conduit à des ensilages très instables (tableau 22). La dissociation de ce conservateur semble trop lente ou incomplète, peut-être du fait de la structure en brins entiers du fourrage ; MCDONALD *et al.* (1991) notent un effet positif sur du fourrage haché finement. D'autre part, la libération d'ammoniac qui résulte de la décomposition du tétraformiate d'ammonium n'est guère compatible avec l'ensilage d'herbe qui en présente déjà trop, notamment à la Réunion. Pour protéger les matières azotées, l'acide formique associé au formol serait préférable.

Tableau 22. Influence de l'incorporation de tétraformiate d'ammonium sur le dactyle, récolté au stade feuillu, avec une teneur en matière sèche de 21 %.

Tétraformiate d'ammonium (l/t MV)	0	2,6	4,8	
Apport de sucres (g/kg MS)	80	70	0	
Glucides solubles totaux, mélasse + fourrage (g/kg MS)	110	100	30	
Teneur en matière sèche (%)	22,6	21,9	22,0	ns
Δ pH	-0,24 ^a	-0,20 ^a	0,20 ^b	***
Azote ammoniacal (% N total)	12,6 ^a	13,6 ^{ab}	16,1 ^b	*
Acide acétique (g/kg MS)	17,3	13,2	23,1	ns
Acide butyrique (g/kg MS)	0,4 ^a	2,1 ^b	2,0 ^b	***

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$.

Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

Le conservateur biologique Caylasil semble plus intéressant car il permet une meilleure acidification lactique, à condition d'apporter une quantité de sucres suffisante (PAILLAT, 1995). Les produits de fermentation diminuent, mais la protection des matières azotées demeure insuffisante dans le cas des ensilages humides (tableau 23). L'activité enzymatique de ce conservateur paraît peu efficace : la décomposition des parois en glucides solubles est faible ou trop lente pour un développement suffisamment rapide des bactéries lactiques, peut-être en raison d'une trop faible quantité incorporée (PITT, 1990 ; SPOELSTRA *et al.*, 1990 ; figure 41). Ce conservateur n'est intéressant que pour des fourrages qui ont une teneur en matière sèche suffisamment élevée, supérieure à 30 %, et en présence d'une quantité importante de glucides solubles, de 100 à 120 grammes par kilo de matière sèche (DEMARQUILLY, 1986 ; 1993). Lorsque la teneur en matière sèche est suffisante, l'activité du conservateur et l'apport de sucres sont synergiques (JONSSON *et al.*, 1990).

Tableau 23. Influence de l'incorporation de Caylasil sur le dactyle, récolté au stade feuillu avec une teneur en matière sèche de 21 %.

Apport de sucres (g/kg MS)	0	70	120	120	
Glucides solubles totaux, mélasse + fourrage (g/kg MS)	30	100	150	150	
Caylasil	oui	oui	oui	non	
Teneur en matière sèche (%)	21,1 ^a	23,6 ^b	23,1 ^b	22,8 ^b	**
Δ pH	0,02 ^b	-0,35 ^a	-0,35 ^a	-0,25 ^a	***
Azote ammoniacal (% N total)	13,3	11,0	12,5	13,6	ns
Acide acétique (g/kg MS)	19,1	22,5	14,7	12,8	ns
Acide butyrique (g/kg MS)	1,1 ^b	0,1 ^a	0,3 ^a	0,1 ^a	*

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$.

Les valeurs présentant les mêmes lettres en exposant ne sont pas différentes au seuil $p = 0,05$.

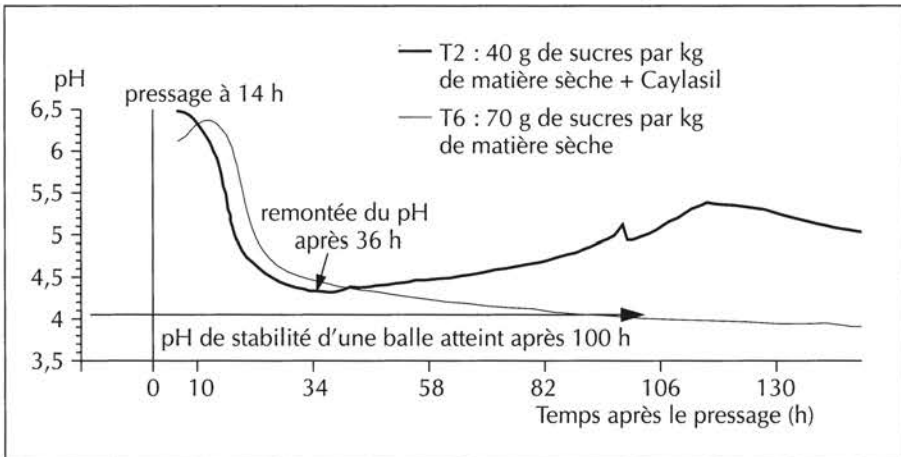


Figure 41. Suivi du pH de deux balles de kikuyu (T2 et T6) récolté avec beaucoup de stolons à une teneur en matière sèche de 20 %.

La conservation des ensilages d'herbe en silos

Les premières actions du Cirad concernant la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage ont débuté en 1987 avec le suivi des chantiers, la caractérisation des conditions de stockage et l'évaluation de la qualité de conservation. Ces premiers chantiers ont été réalisés dans les Hauts de l'Ouest et sur le plateau de Grand-Coude. Par la suite, ils ont été étendus aux autres zones d'élevage laitier de l'île (BRUNSCHWIG, 1991a). En 1994-1995, un nouveau suivi a été mis en place afin d'étudier l'évolution de la qualité des ensilages, de leur ouverture à la fin de leur utilisation, et le mode d'utilisation de l'ensilage en tas dans les élevages laitiers (HASSOUN et LATCHIMY, 1998a).

En 1987-1988, 19 des 21 chantiers d'ensilage suivis utilisaient des récolteuses à fléaux simple ou double coupe. Les doses de mélasse étaient variables, de 5 à 10 % de la matière sèche, l'épandage était irrégulier, la qualité de fermeture du silo, insuffisante, la durée des chantiers, trop longue (2 jours et plus) et les silos étaient plats et trop larges. Un tiers des ensilages avait une qualité de conservation médiocre, un autre tiers, une qualité moyenne et le dernier tiers, une bonne qualité, la qualité étant estimée sur la base de la relation entre la teneur en matière sèche et le pH. Les principaux facteurs associés à la mauvaise conservation des ensilages sont la proportion élevée de fourrages tropicaux, la durée trop longue des chantiers, la dimension excessive des silos (longueur et surtout largeur), le tassement insuffisant et la mauvaise fermeture du silo. Pour l'utilisation des silos, on note une absence fréquente de chargement du front, une bâche non rabattue après dessilage et une mauvaise protection des silos contre les animaux.

Le suivi réalisé en 1994 portait sur les zones des Hauts de Saint-Joseph, de la Plaine des Cafres et de la Plaine des Palmistes. Ainsi, 25 silos ont été suivis sur le plan de la conservation par des prélèvements réguliers de l'ouverture à la fin de l'utilisation. De la phase d'enquête préalable, il ressort que les techniques ont peu évolué, les seules améliorations portant sur la qualité de fermeture des silos et la durée des chantiers (1,5 jour en moyenne). En revanche, les silos sont toujours trop larges. La qualité de conservation, évaluée à partir des analyses fermentaires (acides gras volatils, ammoniac, pH), est restée médiocre et dans les mêmes proportions que dans l'étude précédente, en partant des mêmes critères. Sur la base de la notation de 0 à 20 mise en place par PAILLAT (1995), seuls deux silos ont une note supérieure à 12, mais inférieure à 14, et près de la moitié ont une note inférieure à 8. Les teneurs en matière sèche, corrigées des produits volatils, varient de 18 à 32 %. La durée de conservation est en moyenne de 113 ± 58 jours (extrêmes de 20 à 210 jours). La qualité de conservation n'est liée ni à la teneur en matière sèche, ni aux conditions climatiques à la récolte, ni à la proportion de fourrages tempérés, comme l'a identifié PAILLAT (1995) dans son étude sur les ensilages enrubannés, ni à la durée de stockage, comme l'ont observé UMAÑA *et al.* (1991).

Il apparaît bien que la technique utilisée est principalement en cause et conduise inévitablement à des ensilages mal conservés. La quantité de mélasse ajoutée est plutôt en faveur d'une bonne conservation quelle que soit la nature du fourrage. Cependant, le mode d'épandage généralement adopté — au seau à chaque remorque ou toutes les deux ou trois remorques — n'est pas favorable à une fermentation homogène dans le silo : certaines zones sont bien conservées, d'autres, très dégradées. Les résultats des analyses fermentaires effectuées à l'ouverture des silos sur un front frais montrent des valeurs de pH élevées pour les teneurs en matière sèche moyennes observées ($23,1 \pm 3,4$ %). D'après la relation entre le pH et la teneur en matière sèche (WIERINGA, 1969, cité par DEMARQUILLY, 1973), la plupart des ensilages suivis n'ont pas un pH suffisamment bas pour bloquer le développement des bactéries butyriques, ce



Ensilage de dactyle et de kikuyu avec une récolteuse hacheuse chargeuse à fléaux dans les Hauts de l'Ouest (photo J.M. Paillat).

qui est d'ailleurs confirmé par les valeurs élevées d'acide butyrique relevées (tableau 24). Les valeurs d'azote soluble restent relativement correctes, inférieures à 50 % de l'azote total, mais la proportion d'azote ammoniacal est élevée, supérieure à 7 % de l'azote total. Les valeurs des acides propionique et butyrique sont élevées, signe d'une fermentation butyrique, alors que celles d'acide acétique restent moyennes. Les caractéristiques fermentaires de ces ensilages ne concordent pas avec celles des ensilages directs et mal conservés en zone tempérée (ANDRIEU *et al.*, 1990 ; ANDRIEU *et al.*, 1992 ; GIVENS *et al.*, 1993). En effet, on observe classiquement pour des ensilages mal conservés une augmentation simultanée de la proportion d'azote soluble et ammoniacal, ainsi que des teneurs en acides acétique et butyrique.

Tableau 24. Analyses fermentaires réalisées sur des prélèvements à l'ouverture des 25 silos.

	Moyenne	Ecart type	Extrêmes
pH	4,5	0,3	3,8-5,1
Acide acétique (g/kg MS)	23,2	10,3	6,2-59,0
Acide propionique (g/kg MS)	3,1	3,4	0,3-14,9
Acide butyrique (g/kg MS)	20,4	13,5	3,4-48,5
Acide lactique (g/kg MS)	24,4	26,1	1,4-101
Alcools totaux (g/kg MS)	11,5	6,4	4,8-29,8
Azote soluble (% N total)	48	6,8	34,4-62,2
Azote ammoniacal (% N total)	17,3	6,1	9,6-29,1

Les teneurs élevées en ammoniac et en acide butyrique sont le signe d'ensilages mal conservés. L'acidification insuffisante et trop lente conduit à la dégradation de l'acide lactique en acide butyrique et à la dégradation de l'azote soluble en ammoniac par les bactéries butyriques (MCDONALD *et al.*,

1991). La mélasse, incorporée de manière hétérogène, crée des zones où les conditions sont favorables au développement des bactéries butyriques (pH élevé). Celles-ci vont progresser dans tout l'ensilage. La présence d'alcools en quantité relativement importante est également le signe d'une fermentation anaérobie par les levures dégradant principalement les sucres de la mélasse. Or ces organismes sont considérés par BECK (1963, cité par DEMARQUILLY, 1973), comme les principaux agents de dégradation des ensilages après ouverture. GIVENS *et al.* (1993) ont observé des caractéristiques fermentaires semblables avec des variations aussi importantes, pour des ensilages de ray-grass mal conservés.

La présence visible, dans presque tous les silos, de moisissures souvent situées dans la périphérie de l'ensilage caractérise une mauvaise étanchéité puisque les moisissures ne se développent qu'en milieu aérobie (DEMARQUILLY, 1973). Ces zones sont donc à exclure de la distribution aux animaux et représentent une perte de matière sèche non négligeable. Comme l'ont montré BOLSEN *et al.* (1993), les pertes de matière sèche sont plus importantes dans les 25 premiers centimètres d'épaisseur. Ainsi, les pertes seront proportionnellement plus fortes dans les ensilages larges et plats.

Les caractéristiques fermentaires des ensilages suivis dans le temps après ouverture vont en se dégradant de manière plus ou moins intense selon l'état de conservation initial. En utilisant la notation synthétique, de 0 à 20, de la qualité de conservation des ensilages proposée par PAILLAT (1995), les ensilages relativement bien conservés (mais plus instables) se sont vite dégradés (figure 42).

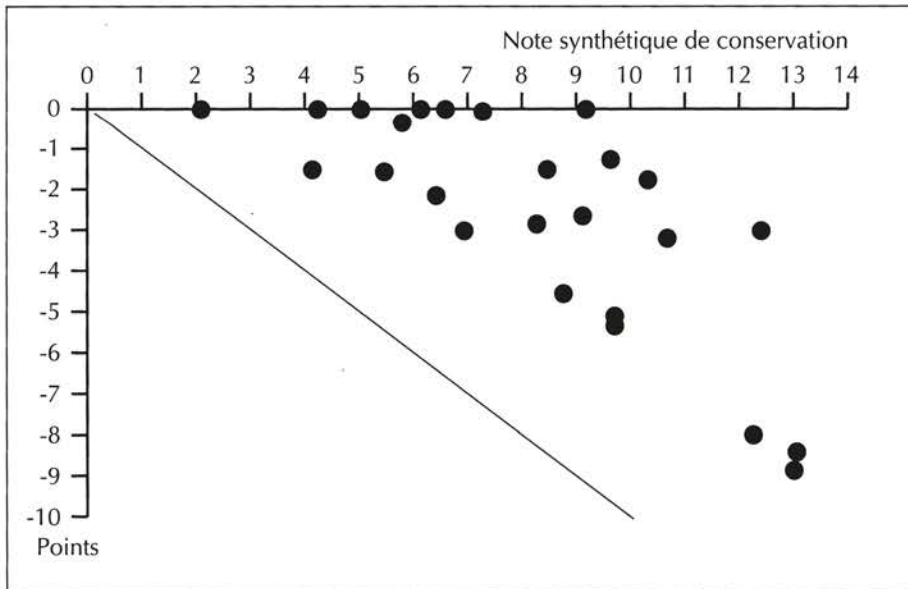


Figure 42. Diminution en points de la note synthétique de conservation à l'ouverture après l'utilisation d'un tiers des ensilages.

*Développement
de moisissures sur les bords
du silo et sur le front
d'attaque résultant
d'une mauvaise conservation
et d'une dégradation
après l'ouverture
(photo P. Hassoun).*



Inversement, ceux qui sont mal conservés n'ont presque pas évolué, car les acides propionique et butyrique présents sont antifongiques et antilevures. Cette dégradation est associée à des vitesses d'avancement dans le silo inférieures à 30 centimètres par jour, à des silos larges et plats, d'une hauteur inférieure à 90 centimètres, et à des fronts d'attaque souvent irréguliers, liés au dessilage à la fourche, et insuffisamment étanches. En conséquence, après seulement trois à quatre semaines d'utilisation, plus de 80 % des ensilages étaient déjà en dessous d'une note synthétique de 10 et tous les paramètres de conservation s'étaient dégradés, excepté pour l'azote soluble et l'acide acétique.

La comparaison de la conservation des ensilages d'herbe réalisés avec différentes techniques

D'après les caractéristiques fermentaires moyennes (tableau 25), les balles enrubannées présentant une teneur en matière sèche supérieure sont nettement mieux conservées que les silos : malgré une proportion d'ammoniac et une teneur en acide butyrique encore trop élevées, tous les produits de fermentation y sont en quantité inférieure. Avec des teneurs en matière sèche comparables, les ensilages réalisés avec les ensileuses double coupe ne sont pas meilleurs que ceux qui sont réalisés avec les ensileuses à fléaux. Pour les ensilages ressuyés en coupe fine, la conservation est également très mauvaise. Le ressuyage du fourrage est généralement insuffisant et ne permet pas d'atteindre une teneur en matière sèche assez élevée. Les silos sont toujours trop grands, leur confection et leur étanchéité sont mal maîtrisées : le manque de technicité concourt à la confection de mauvais ensilages.

Les notations et les proportions d'ensilages bien conservés, fondées sur la note de conservation (PAILLAT, 1995), sont éloquentes (tableau 25). Malgré l'utilisation des ensileuses coupe fine depuis 1992, la qualité des silos ne s'est pas améliorée depuis l'enquête réalisée en 1987-1988 (BRUNSCHWIG, 1991a). Les balles enrubannées ont donc nettement amélioré la qualité des ensilages, prin-



Stockage des balles enrubannées en bord de champ
(photo P. Hassoun).

Ensilage coupe fine (photo J.M. Paillat).



Tableau 25. Comparaison des caractéristiques fermentaires moyennes d'ensilages d'herbe réalisés avec différentes techniques.

	Coupe directe fléaux	Coupe double double coupe	Ressuyé coupe fine	Balles enrubannées
Teneur en matière sèche (%)	22,9	23,5	23,7	31,2
Δ pH	0,35	0,23	0,38	-0,14
Azote ammoniacal (% N total)	15,8	16,5	17,1	11,1
Acide acétique (g/kg MS)	27,0	28,9	21,8	18,3
Acide butyrique (g/kg MS)	19,8	18,5	18,7	6,5
Notations (sur 20)				
Stabilité	6,5	7,9	6,3	11,4
Conservation	7,9	8,5	7,6	13,1
Ingestibilité	10,3	10,2	10,8	14,5
Qualité de l'azote	10,4	10,2	8,8	13,6
Proportion d'ensilages bien conservés (%) ¹	23	35	13	75

1. Note de conservation > 10/20.

cipalement grâce à une meilleure maîtrise de la teneur en matière sèche, à la régularité de l'apport des sucres (épandage sur l'andain), à la qualité de l'étañchété et à la rapidité avec laquelle celle-ci est obtenue. La technique d'ensilage ressuyé peut cependant trouver sa place dans les grandes exploitations, à condition de maîtriser la mise en silo et d'ajouter un conservateur acide pour assurer la conservation des fourrages peu ressuyés.

Discussion sur la conservation des ensilages d'herbe

LES ENSILAGES EN BALLES ENRUBANNÉES

Certains des résultats obtenus pour la conservation des balles enrubannées à la Réunion soulèvent quelques questions. En effet, les proportions d'azote ammoniacal sont souvent élevées. Lorsqu'on constate une production importante d'acides acétique et butyrique, l'ammoniac provient d'une dégradation des matières azotées de l'ensilage par les bactéries butyriques protéolytiques (DEMARQUILLY, 1979). Or, dans de nombreux ensilages en balles enrubannées, la production d'ammoniac est importante alors que celle d'acides gras volatils est faible et que le pH est bas (ensilages stables). La dégradation des matières azotées a donc lieu rapidement après l'enrubannage. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées : protéolyse enzymatique intense favorisée par des températures élevées et une baisse du pH assez lente (BRADY, 1960 ; GOUET *et al.*, 1964, cités par MCDONALD *et al.*, 1991), activité des coliformes et aussi de bactéries anaérobies facultatives du genre *Enterobacter* (HENDERSON, 1984 ; 1987, cité par MCDONALD *et al.*, 1991 ; HERON *et al.*, 1993), ou dégradation des acides aminés par certaines bactéries lactiques (HERON *et al.*, 1986, cités par MCDONALD *et al.*, 1991). Dans le cas des ensilages humides, l'apport de mélasse pourrait ainsi favoriser le développement de certains micro-organismes.

La production d'ammoniac ne correspond pas à une augmentation de la proportion d'azote soluble par rapport à l'azote total. En effet, pour des teneurs en matière sèche comparables, les proportions d'azote soluble dans l'ensilage sont très inférieures à celles qui sont mesurées en métropole (DELACROIX et CORROT, 1992), alors que celles d'azote ammoniacal sont comparables. Or, les fourrages verts de la Réunion présentent des proportions d'azote soluble supérieures à 30 % de l'azote total (P. Brunschwig, comm. pers.), comparables à celles de métropole (DEMARQUILLY *et al.*, 1980). Il y a donc une dégradation préférentielle des matières azotées solubles en ammoniac, alors que les protéines semblent peu dégradées ; ce constat peut laisser penser que certaines bactéries lactiques interviennent dans la dégradation des acides aminés. Cependant, la fermentation lactique commençant plus lentement dans les ensilages en brins longs, les *Clostridium* doivent être également responsables de cette production d'ammoniac car la baisse de pH est trop lente.

LES ENSILAGES EN SILOS

Entre 1987 et 1994, la technique d'ensilage en tas n'a pas beaucoup évolué. Seule la qualité de fermeture des silos semble s'être légèrement améliorée. La confection du tas continue de poser des problèmes. Les récolteuses à fléaux utilisées introduisent de la terre et donc des spores butyriques défavorables à la conservation. La longueur des brins limite le tassement, ce qui favorise le développement des moisissures. La mélasse est introduite à des doses variables et répartie de manière hétérogène. Elle ne joue donc pas correctement son rôle d'apport de sucres pour permettre une acidification rapide, suffisante et homogène du fourrage. Les teneurs en matière sèche des fourrages récoltés sont trop faibles, il est donc difficile de conserver ces ensilages sans conservateur. Les chantiers sont encore trop longs.

De plus, les quelques ensilages bien conservés se dégradent très vite dès l'ouverture du silo, car ils sont mal utilisés. En effet, à l'ouverture du silo, de nombreuses fermentations débutent. En climat tempéré, un avancement de 10 centimètres par jour en hiver et de 20 à 25 centimètres par jour en été sur la totalité du front d'ensilage permet de limiter ces dégradations (DEMARQUILLY, 1979). En climat chaud et humide, un avancement de 30 centimètres par jour paraît souhaitable. Diverses bactéries, levures et moisissures sont responsables de cette dégradation aérobie qui provoque une élévation de la température, une remontée du pH et une perte de matière sèche (COURTIN et SPOELSTRA, 1990). L'ensilage devient peu appétent et peut alors occasionner des diarrhées.

Mauvaise fermentation et dégradation à l'ouverture conduisent à la distribution d'un fourrage de mauvaise qualité, mal ingéré et mal utilisé par les animaux, ce qui peut avoir des conséquences sanitaires non négligeables compte tenu de leur état de conservation. Un important effort de vulgarisation doit être consenti afin de mieux conseiller les éleveurs et de leur permettre de réussir leurs ensilages.

L'INCIDENCE DE LA CONSERVATION SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE

Pour les ensilages bien conservés, ANDRIEU et DEMARQUILLY (1987) notent, par rapport au fourrage vert, une augmentation d'énergie brute de 5,6 % pour l'ensilage de graminées en coupe directe, de 3 % pour l'ensilage de graminées préfané et de 2,6 % pour l'ensilage de maïs. La digestibilité de la matière organique est peu modifiée (MCDONALD *et al.*, 1991). La valeur énergétique de l'ensilage dépend donc en priorité de celle du fourrage vert récolté. Cependant, pour des ensilages très mal conservés, la digestibilité et la valeur énergétique peuvent être plus faibles que celles du fourrage vert.

Les modifications chimiques intervenant dans les ensilages affectent principalement les matières azotées, d'autant plus que l'ensilage est mal conservé (FUJITA, 1976 ; OHSHIMA et MCDONALD, 1978 ; DULPHY, 1979). La synthèse microbienne dans le rumen est réduite du fait que les acides gras volatils formés dans l'ensilage n'apportent que peu ou pas d'énergie aux bactéries du

rumen, d'où une baisse de la valeur azotée (DEMARQUILLY, 1983 ; HARRISON *et al.*, 1994). Par ailleurs, avec ces ensilages, la teneur plus élevée en ammoniac dans le rumen entraîne des pertes d'azote dans les urines du fait de l'absence d'énergie rapidement fermentescible, ce qui diminue encore la valeur azotée. La libération rapide d'ammoniac dans le rumen exige une complémentation en glucides fermentescibles pour améliorer la synthèse des protéines microbiennes. De plus, une complémentation azotée, sous forme de graines de soja ou de protéines tannées, adaptée à la qualité de conservation devrait être proposée aux animaux recevant de l'ensilage (ANDRIEU *et al.*, 1992).

D'autre part, hormis la longueur des brins et la faible teneur en matière sèche qui limitent l'ingestion, les teneurs élevées en ammoniac, amines et acide acétique diminuent les quantités ingérées de l'ensilage et de la ration globale de manière plus ou moins prononcée selon l'importance de ces composés (THOMAS et THOMAS, 1988 ; MCDONALD *et al.*, 1991). Enfin, certains composés, telles les amines et les mycotoxines, ont des effets négatifs sur la santé générale de l'animal et entraînent des problèmes de reproduction, des avortements et une diminution de l'appétit, sans qu'il y ait pour autant de risques élevés de mortalité (DEMARQUILLY, 1983). De plus, les spores de *Clostridium* peuvent contaminer le lait et déprécier sa qualité (MCDONALD *et al.*, 1991).

L'analyse des coûts de l'ensilage en balles enrubannées

Les temps de travaux et le coût des balles enrubannées

Les temps de travaux, à la base du calcul des coûts, sont très variables pour les balles enrubannées réalisées à la Réunion (LEPETIT et PAILLAT, 1992). Ils permettent d'appréhender les conditions d'ensilage. Certaines régions, et spécialement les Hauts de l'Ouest, sont pénalisées par les conditions de récolte (pente, forme des parcelles, pierres...). La Plaine des Palmistes et certaines parcelles de la Plaine des Cafres ont des conditions de récolte qui se rapprochent des conditions métropolitaines.

La méthode de calcul des coûts distingue les coûts fixes annuels et les coûts variables horaires, qui comprennent les frais de réparations et de consommables (FIEVET, 1982). Les équations ont été établies avec les données de FIEVET (1982), en tenant compte des contraintes spécifiques à La Réunion — coût élevé des pneumatiques, des pièces détachées et des réparations (PAILLAT, 1995).

Pour comparer les techniques d'ensilage, les coûts des chantiers et de la production fourragère ont été répartis selon deux postes, qui correspondent pour l'éleveur à des dépenses de natures différentes (PAILLAT, 1995) :

- les coûts fixes liés aux investissements réalisés pour l'exploitation d'élevage et comprenant la main-d'œuvre fournie par l'éleveur, donc présente sur l'exploitation ;
- les coûts variables correspondant à la sortie d'argent nécessaire pour la récolte.

Le coût de la production fourragère est toujours présenté à part, car il ne doit pas être systématiquement comptabilisé dans la récolte d'ensilage. En effet, les prairies sont avant tout installées pour être pâturées ; le coût des travaux de création de prairie qui incombe à l'ensilage se limite alors à celui des travaux supplémentaires nécessaires pour rendre la parcelle récoltable mécaniquement. D'autre part, bien souvent, l'ensilage permet de récolter un excédent fourrager qui, sans cela, aurait été gaspillé, le coût de ce fourrage est alors très limité.

L'intérêt de l'approche proposée est de mettre en évidence les différences régionales, mais surtout de les situer par rapport aux modes d'organisation des chantiers, notamment par rapport aux intervenants : éleveur, entraide, entreprise. Chaque région a un mode d'organisation des chantiers qui lui est propre. A partir des temps de travaux moyens enregistrés en 1991, quatre modes d'organisation des chantiers ont été retenus :

- les opérations de récolte sont réalisées par une entreprise ;
- l'éleveur réalise quelques opérations ;
- l'entreprise ne réalise que le pressage et l'enrubannage ;
- les opérations sont réalisées par l'éleveur ou par entraide.

Plus l'éleveur participe aux travaux, plus les coûts variables diminuent au profit des coûts fixes. Globalement, le coût diminue. Les différences régionales restent très marquées en relation avec les temps de travaux et se réduisent avec une participation accrue de l'éleveur (figure 43).

Peu d'exploitations des Hauts de l'Ouest sont mécanisées, elles doivent donc faire appel à une entreprise, ce qui alourdit fortement la dépense en terme de trésorerie, d'autant plus que les temps de travaux sont longs. Les exploitations de la Plaine des Palmistes et des Hauts du Sud sont toutes mécanisées. L'organisation du chantier et les conditions de récolte entraînent des coûts moindres. A la Plaine des Cafres, tous les modes d'organisation des chantiers sont possibles selon la disponibilité en équipement et main-d'œuvre. La structure des coûts met en évidence les différents postes — production fourragère, récolte, intrants — en différenciant leur nature. Depuis 1993, face à l'augmentation de la demande, l'Union des Afp a proposé des systèmes de groupements, associés à un travail d'entreprise, afin de mieux maîtriser les coûts et de répondre à temps aux besoins, pour une exploitation des fourrages au meilleur stade végétatif.

Pour analyser les facteurs influençant le coût de l'ensilage en balles enrubannées, 39 chantiers ont été suivis. Les données suivantes ont été enregistrées :

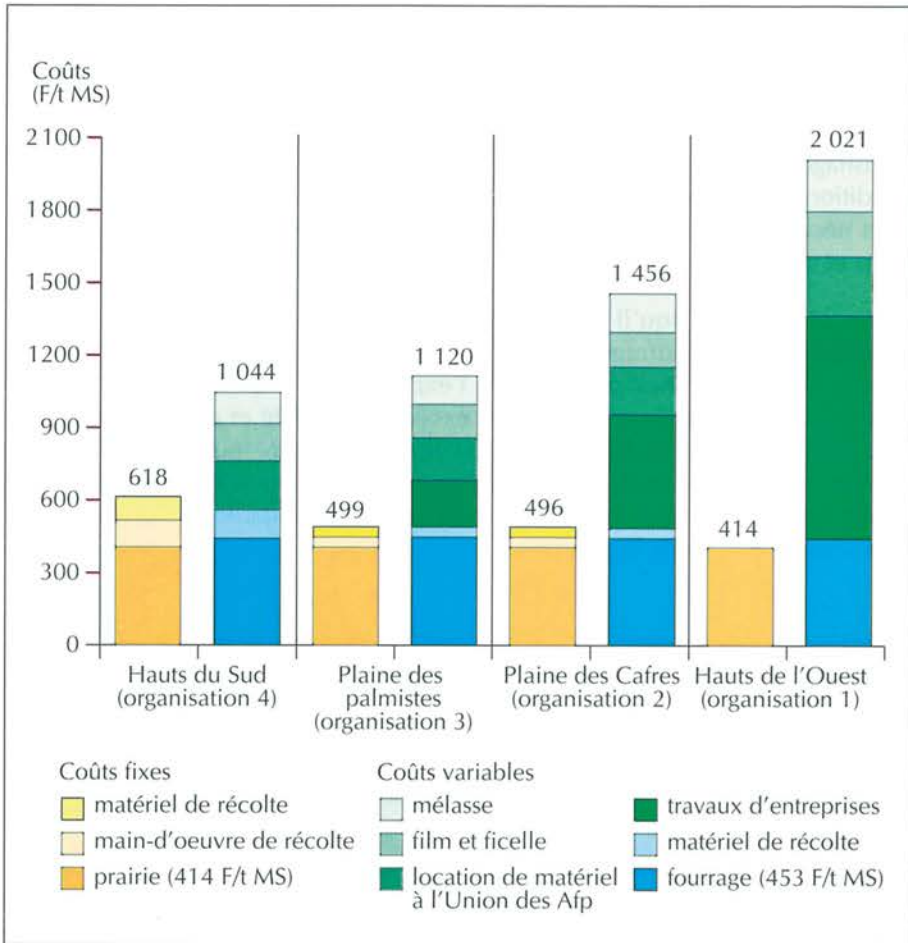


Figure 43. Comparaisons régionales du niveau et de la structure des coûts.

région, année et saison de récolte, espèce dominante récoltée, proportion d'espèces tempérées, stade végétatif de récolte, temps de travaux, main-d'œuvre et tracteurs utilisés, conditions de mécanisation, conditions météorologiques, rendement fourrager, quantité de mélasse épandue. D'après les analyses multivariées réalisées, les difficultés de mécanisation, l'espèce fourragère, la teneur en matière sèche et le rendement fourrager sont les facteurs qui influencent le plus les coûts (PAILLAT *et al.*, 1994). Ces paramètres doivent être maîtrisés au mieux pour diminuer les coûts. Les références techniques et économiques acquises grâce à trois années de suivi de chantiers d'ensilage en balles enrubannées permettent donc de formuler des recommandations : aménagement des parcelles, implantation de graminées tempérées, récolte à un stade jeune, maîtrise du rendement fourrager.

La comparaison des coûts avec d'autres techniques d'ensilage d'herbe

On relève de faibles différences de coûts par rapport aux autres techniques d'ensilage évaluées dans un contexte comparable (tableau 26). Par rapport aux conditions de la métropole, l'ensilage à la Réunion est une technique coûteuse mais nécessaire, qui mérite de ce fait beaucoup d'attention de la part des éleveurs et des techniciens.

Le pâturage, lorsqu'il est possible, reste le moyen le plus économique d'exploiter les fourrages. L'ensilage permet alors une intensification raisonnée de certaines parcelles de l'exploitation. Il offre la possibilité de gérer le pâturage en maîtrisant les excédents de l'été et en assurant la disponibilité de stocks en hiver. Il doit être réservé aux fourrages qui se prêtent le mieux à l'ensilage, c'est-à-dire aux graminées tempérées, en raison de son coût élevé à la Réunion. Le kikuyu, très difficile à ensiler, a pour vocation essentielle le pâturage.

Tableau 26. Caractéristiques et coûts moyens de chantiers d'ensilage réalisés avec différentes techniques dans plusieurs régions (1987-1993).

Matériel utilisé	Région	Teneur moyenne en matière sèche (%)	Rendement en matière sèche (t/ha)	Coût récolte + intrants	
				(F/ha)	(F/t MS)
Récolteuse hacheuse chargeuse à fléaux	Hauts de l'Ouest	19	2,9	4 432	1 524
Balles enrubannées	Hauts de l'Ouest	25	3,4	4 529	1 332
Récolteuse hacheuse chargeuse double coupe	Hauts du Sud	15	2,1	3 402	1 588
Balles enrubannées	Hauts du Sud	35	2,4	2 522	1 051
Récolteuse hacheuse chargeuse double coupe	Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes	17	3,1	2 147	685
Récolteuse hacheuse chargeuse à couteaux	Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes	25	3,3	2 448	739
Balles enrubannées	Plaine des Cafres et Plaine des Palmistes	35	3,6	2 578	716

Les ressources fourragères extérieures à l'exploitation

Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat,
Philippe Brunschwig

Les principales ressources fourragères extérieures à l'exploitation sont le foin de chloris et la paille de canne à sucre. Le foin, réalisé dans les Bas, demande 2 à 3 jours de fanage selon la saison pour dépasser 75 % de matière sèche. Le stockage dans les exploitations laitières des Hauts doit permettre une bonne ventilation du foin pour que le séchage se poursuive et que le foin ne moisisse pas. A la Réunion le foin est généralement utilisé en petites quantités — moins de 3 kilos de matière sèche par jour et par animal —, principalement pour améliorer la rumination. Dans ces conditions, la valeur nutritive du foin n'a que peu d'importance pour l'animal. Dans les champs non brûlés, la paille de canne à sucre, constituée des résidus fibreux laissés en place après la récolte, est composée en moyenne de 85 % de feuilles, de 5 % de têtes et de 10 % de morceaux de tiges. Elle est conditionnée en balles rondes de 210 kilos à 88 % de matière sèche. L'ensemble des opérations, de l'andainage au conditionnement, ayant été calibré, il est possible de simuler le temps de séchage en fonction des rendements en canne et des conditions climatiques. Le traitement à l'ammoniac généré à partir de l'urée a été adapté à la paille de canne. Le traitement de la paille placée sous une bâche par aspersion d'une solution d'urée, à raison de 70 litres d'eau et 12 kilos d'urée par balle, est le mieux adapté aux conditions des exploitations. Il améliore la teneur en azote et la digestibilité in vitro de la paille et permet de la conserver sur une longue période. Le coût du traitement évalué hors main-d'œuvre est de l'ordre de 35 francs hors taxes par balle. Deux essais d'ingestion et de croissance ont été réalisés avec des génisses laitières de 1 an alimentées avec de la paille brute ou traitée distribuée à volonté et des aliments concentrés. Les génisses recevant la paille traitée ont ingéré en

moyenne 1,6 kilo de matière sèche de paille pour 100 kilos de poids vif contre 1,2 kilo de matière sèche pour celles qui ont reçu la paille brute. Les croissances mesurées sur 14 semaines ont été respectivement de 744 grammes par jour et 665 grammes par jour. Aucun problème sanitaire n'a été observé. Les pailles de canne sont de plus en plus utilisées comme fourrage grossier pour la période hivernale. Traitées ou non, elles permettraient de nourrir des animaux dont les besoins sont modérés à élevés, moyennant une complémentation adaptée.

La récolte, la conservation et l'utilisation du foin de *Chloris gayana*

La constitution de stocks fourragers issus de l'exploitation est une priorité dans tout élevage où la production de fourrage fluctue au cours des saisons. Ainsi, les stocks réalisés en été, lorsque le fourrage est abondant, seront utilisés en hiver, pendant la période de déficit. Le fanage a été exploré dès 1988 par l'équipe du Cirad-Elevage afin de résoudre le problème du déficit fourrager hivernal (BRUNSWIG, 1991b).

Dans les pays tempérés et compte tenu des surfaces exploitées, le foin est utilisé soit en complément de la ration, pour en augmenter la teneur en matière sèche et améliorer la digestion dans le rumen, soit comme fourrage principal de la ration. En métropole, ce cas se rencontre notamment en montagne (HAUWUY *et al.*, 1992). A la Réunion, le foin est principalement produit dans les Bas. Il est conditionné soit en petites balles parallélépipédiques, soit en grosses balles cylindriques. Les conditions climatiques d'altitude rendent très aléatoire la réalisation de foin suffisamment séché au sol, c'est-à-dire dont la teneur en matière sèche dépasse 75 % : les périodes de 3 à 4 jours consécutifs sans pluie sont en effet rares en été (BRUNSWIG, 1991b). En outre, les surfaces exploitées sont généralement insuffisantes pour permettre une utilisation prolongée du foin comme seul fourrage dans la ration. L'introduction du foin à la Réunion est assez récente. Son utilisation dans les élevages laitiers a été stimulée par la Sicalait et l'Ede. L'objectif principal était d'introduire une quantité limitée de foin dans la ration pour apporter des fibres longues et augmenter sa teneur en matière sèche.

La récolte et la conservation du foin

Le chloris est la seule graminée tropicale cultivée dans les Bas pour le foin. Les premières études ont été conduites par BRUNSWIG (1991b) dans la zone sud de l'île, à 20 mètres d'altitude. Les suivis de chantier ont été effectués entre juillet 1988 et août 1989 sur deux sites : le lycée agricole de Saint-Joseph (site

A) et Pierrefonds (site B). Une parcelle par site a été suivie à chaque coupe (9 sur le site A et 7 sur le site B) de la fauche au pressage.

Dans les deux cas, le foin est conditionné en bottes de moyenne densité dont les poids bruts varient de 10 à 14 kilos, en moyenne. Les teneurs en matière sèche sont comprises entre 72 et 78 % sur le site A, et toujours supérieures à 80 % sur le site B, sauf en cas de pluviométrie anormale. Sur les deux sites, quelle que soit la saison, les teneurs en matière sèche du chloris à la fauche sont semblables : de 21,8 à 24,2 %, en dehors des jours de récolte par temps de pluie.

Les conditions climatiques de séchage des deux sites sont très contrastées. Les températures moyennes journalières sont analogues, mais la pluviométrie annuelle est deux fois plus élevée sur le site A : 2 269 millimètres, contre 1 006 millimètres sur le site B. De plus, les précipitations enregistrées sur le site A sont plus régulières et donc moins favorables au séchage. En hiver, la durée du séchage varie selon les sites ; elle est de 74 heures pour les site A et de 50 heures pour le site B. En été, le temps de séchage est identique sur les deux sites, en moyenne de 51 heures. A la Martinique avec plusieurs graminées tropicales, ARTUS et CHAMPANHET (1989) n'ont pas observé de différence pour le séchage selon la saison. La teneur en matière sèche à la fauche est de 23 à 26 % et atteint 75 % le 3^e jour.

Les conditions de conservation et l'évolution de la teneur en matière sèche ont été suivies après le pressage (sur le site A) et le transport à 1 550 mètres d'altitude. Quel que soit le mode de stockage — en bottes à même le sol, collées les unes aux autres ou sur caillebotis, espacées de 10 à 15 centimètres —, la conservation est correcte et aucune trace de moisissures n'est observée, même lorsque le foin a été pressé à des teneurs en matière sèche faibles, inférieures à 75 %. Le foin a donc fini de sécher en quinze jours sans échauffement ni développement de moisissures. En revanche, lors des premières observations réalisées en 1988 (BRUNSWIG, 1991b), le foin de chloris conservé en meules sous



*Chantier
de fanage
dans les Bas
(photo
P. Brunschwig).*

abri dans les Hauts, insuffisamment sec au pressage (65 à 70 % de matière sèche), moisissait très souvent après 3 à 4 semaines de stockage.

Une fois le fourrage fauché, sa composition chimique se modifie du fait de nombreux facteurs (processus enzymatiques, pertes mécaniques, lessivage par la pluie). Ces aspects sont décrits en détails par DEMARQUILLY (1987).

Les pertes en matières azotées, de 0 à 7 grammes par kilo de matière sèche, observées par BRUNDSCHWIG (1991b) sont restées relativement proches de celles citées par DEMARQUILLY (1987) pour des graminées, mais les variations des teneurs en cellulose brute sont différentes, de - 18 à + 27 grammes par kilo de matière sèche, dès qu'il pleut au moment du fanage. Les diminutions de la dégradabilité *in vitro* de la matière organique sont du même ordre de grandeur que celles qui ont été observées par ARTUS et CHAMPANHET (1989), avec une baisse plus importante, de - 0,7 à - 3 points, avec la pluie. Pendant la période de stockage, les pertes se poursuivent plus ou moins intensément selon la teneur en matière sèche au pressage, mais restent faibles dans le cadre des observations réalisées par ARTUS et CHAMPANHET (1989).

L'utilisation du foin en élevage laitier

Dans le cadre d'une étude portant sur la variation des quantités ingérées en relation avec la saison (HASSOUN et LATCHIMY, 1997), des quantités ingérées moyennes de foin atteignant 10 kilos de matière sèche et parfois plus ont été enregistrées, dans une ration constituée de 11 à 14 kilos de concentré selon la période. Le foin n'a presque jamais été distribué à volonté, les refus ont été inférieurs à 5 %. La crainte de l'éleveur de manquer de fourrage et sa disponibilité en temps sont les seules raisons qui ont limité les quantités distribuées. Le niveau d'ingestion enregistré est élevé compte tenu du poids vif moyen des animaux (535 kilos) mesuré sur cette exploitation au cours d'un essai précédent (HASSOUN *et al.*, 1997).

Très peu d'éleveurs utilisent le foin en quantité importante dans la ration, soit à raison d'au moins 5 kilos de matière sèche par jour et par animal. Dans les autres cas, le foin entre pour une faible part dans la ration des animaux laitiers (1 à 3 kilos de matière sèche), avec comme objectif essentiel d'apporter des fibres longues et d'augmenter la teneur en matière sèche de la ration.

La récolte des pailles de canne à sucre

Les élevages des Hauts de la Réunion présentent régulièrement des situations de déficit fourrager en saison fraîche et sèche. De plus, la volonté des filières bovines d'accroître les productions animales oblige les éleveurs à avoir recours de plus en plus fréquemment à des fourrages produits hors de l'explo-

tation. Vu l'étendue des surfaces, la canne à sucre est une source abondante de biomasse. Avec le matériel existant pour la récolte des balles de fourrage, en 1995, la Sicalait a organisé le ramassage et le transport de 2 000 balles rondes de paille de canne pour le paillage et l'alimentation des génisses. L'opération a ensuite été étendue à de nombreux élevages : 6 000 balles rondes, en 1996, et 14 000, en 1997, ont ainsi été acheminées des Bas vers les Hauts.

A la demande des filières bovines, le Cirad a proposé d'axer ses recherches d'accompagnement sur trois aspects (CHENOST et GAILLARD, 1996) :

- la récolte et le conditionnement des pailles (PAILLAT *et al.*, 1997b) ;
- l'amélioration de la qualité de conservation et de la valeur alimentaire par un traitement à l'ammoniac généré par l'hydrolyse de l'urée (PAILLAT *et al.*, 1997b) ;
- l'alimentation d'animaux dont les besoins sont modérés avec la paille (HAS-SOUN, 1997).

La dessiccation de la paille

Après la coupe mécanique de la canne à sucre effectuée après ou sans brûlage, des cadres ont été posés sous la paille de canne et pesés 3 fois par jour, à 7 heures, 12 heures et 18 heures, durant cinq jours (PAILLAT, 1995). L'évolution du poids a permis de connaître la perte en eau de la paille de canne. Durant la dessiccation au champ, les données météorologiques — pluviométrie, températures, humidité, rayonnement global — ont été enregistrées.

Pour la paille récoltée après brûlage, l'intensité de dessiccation, en pourcentage de matière sèche par heure, est inversement proportionnelle à la quantité de paille et proportionnelle aux conditions climatiques évaluées d'après le déficit de saturation horaire de l'air selon l'équation de BOSEN (1960, cité par CASAGRANDE, 1991)

Pour les pailles récoltées sans brûlage, il y a peu de liaison entre l'intensité de dessiccation instantanée et les conditions climatiques. Les quantités de paille au sol, peu variables dans ce cas, n'ont pas d'influence sur la dessiccation.

Dans des conditions climatiques identiques, le brûlage n'entraîne aucune différence de séchage de la paille. Au fur et à mesure que la paille de canne sèche, l'évaporation ralentit, à partir d'une teneur en matière sèche comprise entre 60 et 65 %, la dessiccation s'infléchit. Un regroupement en andains pour continuer le séchage serait sans doute préférable (PAILLAT *et al.*, 1997b).

La composition des résidus de récolte

Sur deux sites, 5 échantillons de paille ont été prélevés après chaque opération : récolte de la canne à sucre, andainage et pressage. Les feuilles, les têtes et les morceaux de tiges ont été séparés puis pesés. Un échantillon a été

extrait pour chacune des partitions afin de déterminer sa teneur en matière sèche. Ces données ont permis de calculer les quantités de matière verte et de matière sèche de chaque partition de paille à chaque étape. De plus, sur cinq sites, environ 100 balles ont été pesées et échantillonnées pour déterminer la teneur en matière sèche. Sur ces mêmes sites, 5 balles ont subi 5 prélèvements dans une des faces planes pour apprécier la variabilité de la teneur en matière sèche intraballe.

Après brûlage, la quantité de pailles au sol est très variable : $10,1 \pm 5,5$ tonnes de matière sèche par hectare. Cette biomasse est composée à 90 % de feuilles et de quelques têtes ; les morceaux de tiges représentent 10 % des pailles, soit environ 3 à 4 tonnes par hectare de canne non livrée à l'usine. Plus de 90 % de la paille a été andainée, soit 9,3 tonnes de matière sèche par hectare. La proportion de morceaux de tiges est plus importante dans les andains (17 %) que dans les prélèvements au sol (11 %). En effet, lors de l'andainage, ces morceaux sont pris dans la masse andainée. Etant plus lourds que les feuilles, ils retombent ensuite lors du pressage. Peu de morceaux de tiges sont donc présents dans les balles (moins de 20 % de ceux présents au sol), alors que près de 80 % des feuilles sont pressées. La teneur en matière sèche globale est supérieure à 80 % et donc très satisfaisante pour une bonne conservation (figure 44). La teneur en matière sèche des feuilles est peu variable (séchage homogène et facile), alors que celle des tiges l'est davantage.

Avec des cannes non brûlées, les quantités de paille au sol sont moins variables : $20,6 \pm 3,6$ tonnes de matière sèche par hectare. Avec 80 à 90 %, les feuilles représentent la majeure partie des pailles, contre 2 à 8 % pour les têtes et 5 à 15 % pour les morceaux de tiges. De manière à laisser un paillage protégeant le sol, l'andainage n'a regroupé que 50 % des pailles. Les proportions mesurées au sol sont respectées dans les andains. La teneur en matière sèche des feuilles est élevée (89 %) et peu variable alors que celle des morceaux de tiges reste faible (53 %) et très variable. Les résidus au sol après le pressage sont essentiellement constitués de feuilles. En effet, la presse reprend l'andain, comprenant les morceaux de tiges situés en bas de celui-ci, avec une partie du tapis de paille resté en place. Dans ce cas, les morceaux de tiges, placés entre deux couches de paille, sont pressés. Une proportion importante (17 %) se retrouve alors dans les balles (figure 44) : seulement 40 % des feuilles sont pressées alors que 75 % des morceaux de tiges le sont. Etant en quantité non négligeable, ces derniers peuvent être à l'origine du développement de moisissures préjudiciables à la conservation. Cependant, la teneur en matière sèche des feuilles étant très élevée, les risques d'échauffement demeurent limités. La présence de morceaux de tiges augmente la variabilité de cette teneur par rapport aux balles constituées par les pailles de canne brûlée.

Après ou sans brûlage, le poids moyen des balles et leur teneur moyenne en matière sèche sont comparables, respectivement 213,3 et 212,2 kilos et 89,1 et 87,6 %. La variabilité intraballe de la teneur en matière sèche est presque toujours supérieure à la variabilité entre balles, elle-même supérieure à la

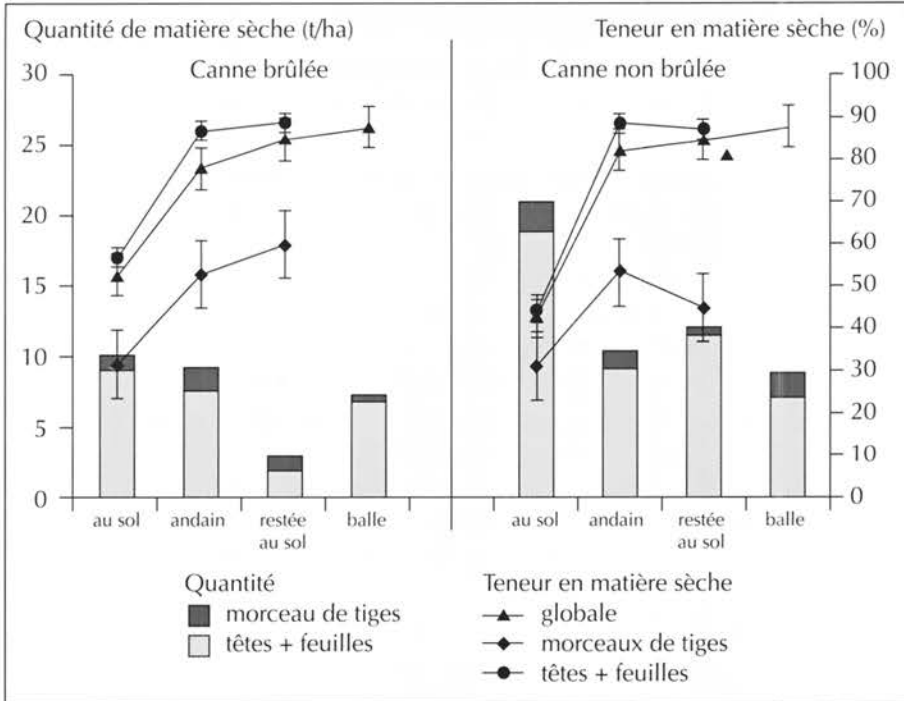


Figure 44. Quantités et teneur en matière sèche des différentes fractions de la paille récoltée après brûlage ou non à la suite d'interventions mécanisées (récolte, andainage, pressage).

variabilité entre chantiers. La variabilité intraballe diminue avec la teneur en matière sèche moyenne des balles. Le séchage doit donc être le plus complet possible afin de garantir une teneur en matière sèche supérieure à 80 %, gage d'une bonne conservation en tout point de la balle.

Pressage de la paille de canne à sucre (photo J.M. Paillat).



Les performances des machines

Afin d'optimiser le pressage (réduction du temps par balle, augmentation de la densité des balles), plusieurs réglages ont été testés : compression, hachage, vitesse d'avancement et largeur des andains (PAILLAT *et al.*, 1997b).

La vitesse d'avancement et la largeur des andains n'ont pas d'influence sur le poids des balles. En revanche, le réglage de la compression ou le hachage augmentent significativement le poids des balles. Celui-ci passe de 206 à 225 kilos avec l'augmentation de la compression ($p < 0,001$), et de 207 à 223 kilos avec le hachage ($p < 0,01$). Dans le cas où une forte compression est associée au hachage, les balles contiennent 229 kilos de paille, contre 202 kilos avec une compression moyenne et sans hachage.

Les meilleures performances, soit 28 balles par heure, sont obtenues avec une vitesse d'avancement moyenne de 2,5 kilomètres par heure et des andains de 3 mètres de large. Une forte compression requiert 10 % de temps supplémentaire par balle, et le hachage, 20 % de temps supplémentaire. Le hachage exige en outre deux fois plus de ficelle pour maintenir correctement les balles.

Le coût de la paille diminue de 10 % si la compression des balles augmente. Avec une forte compression, le hachage autorise une diminution supplémentaire du coût de la paille de 3 %. L'opération de pressage représentant moins de 15 % du coût total de la balle, son incidence reste cependant faible sur le coût (PAILLAT *et al.*, 1997b).

Dans tous les cas, même en tenant compte des surcoûts, il est intéressant pour la filière de l'élevage de réaliser les balles les plus sèches et les plus denses possible, en ayant recours à une forte compression plutôt qu'au hachage.



Balles rondes de paille de canne à sucre au champ (photo P. Hassoun).

Le traitement à l'urée

Très peu d'essais ont été réalisés sur le traitement des pailles ou des choux de canne à sucre à l'ammoniac et les seuls connus utilisaient l'urée comme source d'ammoniac (BOODOO, 1988 ; BISSESSUR, 1988 ; REDDY *et al.*, 1992).

Le principe de traitement (CHENOST et GAILLARD, 1996) repose sur l'hydrolyse de l'urée en ammoniac et gaz carbonique sous l'action de l'uréase, enzyme produite par les bactéries présentes dans le sol et sur la paille (HASSOUN, 1987) ou introduite sous forme de farine de graines de soja, par exemple. Sous bâche étanche, l'ammoniac ainsi dégagé se fixe sur la paille, augmente sa teneur en azote et la rend plus digestible par la modification des liaisons cellulose-hemicellulose-lignine qu'il provoque.

En 1997, trois essais ont été réalisés avec différents modes de traitement (PAILLAT *et al.*, 1997b) :

- dans l'essai P, le traitement est effectué sur la presse (chantier Caruel) avec une dose de 8,6 kilos d'urée et environ 40 litres d'eau par balle (soit 48 grammes d'urée par kilo de matière sèche de paille) ;
- dans l'essai M1, le traitement est réalisé en meule (chantier Sedael) avec 11 kilos d'urée et 70 litres d'eau par balle (soit 60 grammes d'urée par kilo de matière sèche de paille) ;
- dans l'essai M2, le traitement est aussi réalisé en meule (chantier Sicalait) avec 14 kilos d'urée et 100 litres d'eau par balle (soit 84 grammes d'urée par kilo de matière sèche de paille).

En 1998, un essai supplémentaire a été réalisé à la Sicalait. Les balles disposées en meule sur deux hauteurs ont reçu 80 litres d'une solution d'urée, soit un apport de 60 à 70 grammes d'urée par kilo de matière sèche de paille, selon différentes modalités :

- pour l'essai S1, 160 litres en une fois au sommet de deux balles superposées ;
- dans l'essai S2, 70 litres sur la balle inférieure puis 90 litres sur la balle supérieure ;
- pour l'essai S3, les balles enrubannées et stockées individuellement sont traitées avec 40 litres sur chaque face plane, avec retournement de la balle.

Avant la mise en meule, les balles ont fait l'objet d'un prélèvement pour déterminer leur teneur en matière sèche. La meule est recouverte entièrement d'une bâche hermétique afin que l'ammoniac libéré reste confiné dans la paille. A l'ouverture, après deux mois de stockage, des prélèvements ont été réalisés pour estimer l'hétérogénéité du traitement entre les balles et à l'intérieur de la balle. La teneur en urée résiduelle, la composition chimique et la dégradabilité enzymatique de la matière organique (AUFRERE et MICHALET-DOREAU, 1988) de la paille ont été mesurées sur des échantillons prélevés après traitement.

La composition chimique et la dégradabilité enzymatique de la matière organique des balles sont proches de celles des feuilles car la proportion de têtes ou de morceaux de tiges dans les balles reste assez faible (tableau 27).



Traitement des pailles avec une solution d'urée (photo J.M. Paillat).

Pour l'essai P, le traitement est assez hétérogène entre les balles car l'ajustement de la vitesse d'avancement à la grosseur de l'andain est difficile à réaliser. A l'intérieur d'une même balle, le traitement est homogène compte tenu du mode d'incorporation de la solution d'urée ; le lit de paille entrant dans la presse est uniformément mouillé. Bien que certaines balles demeurent trop sèches, la teneur en matière sèche des balles après traitement (63 ± 12 %) est compatible avec les conditions d'efficacité de la dégradation de l'urée en ammoniac, soit 50 à 70 % de matière sèche recommandés par CHENOST et GAILLARD (1996).

Pour les essais M1 et M2, avec respectivement 23 et 12 balles posées sur une face plane, la solution pénètre dans la balle par percolation afin de traiter l'ensemble de la paille. Les mesures ont concerné différentes parties de la balle : haut et bas, partie centrale ou extérieure de la face plane reposant sur le sol.

Tableau 27. Composition chimique et dégradation de la matière organique des différentes parties de la paille non traitée.

	Matière sèche (%)	Matières minérales (g/kg MS)	Cellulose brutes (g/kg MS)	Matière azotées totales (g/kg MS)	Dégradation de la matière organique (%)
Morceaux de tiges	53	32	254	15	59,4
Têtes	—	68	362	34	40,0
Feuilles	89	78	378	30	28,6
Balles	88	57	384	28	28,5

Pour l'ensemble des essais, l'hydrolyse de l'urée en ammoniac a été bonne avec 95 % d'urée décomposée. Pour l'essai P, la dose d'ammoniac libéré représente 2 % par rapport à la matière sèche de la paille, pour M1, elle est de

2,9 % et pour M2, de 4 %. La diminution de la teneur en matière sèche varie entre 15 et 25 points selon les essais. La quantité d'azote total (essentiellement de l'azote soluble : 66 % de l'azote total) est multipliée par plus de 3 (tableau 28). L'amélioration de la dégradabilité enzymatique de la matière organique est notable : + 5,1 points pour l'essai P, soit une augmentation de 16 %, + 4,3 points pour l'essai M1, soit 12 % d'augmentation, et + 7,3 points pour l'essai M2, soit 26 % d'augmentation.

Tableau 28. Résultats du traitement à l'urée pour les trois essais.

	Matière sèche (%)		Matières azotées totales (g/kg MS)		Dégradation de la matière organique (%)		F
	avant	après	avant	après	avant	après	
Essai P	88	63	28	95	28,5	33,6	*
Essai M1	85	65	33	110	33,8	38,1	***
Essai M2	84	69	33	104	27,4	34,7	*

* : $p < 0,05$; *** : $p < 0,001$.

Dans l'essai P, la variabilité entre balles est presque toujours supérieure à la variabilité intraballe, notamment pour la dégradabilité enzymatique de la matière organique et la teneur en matière sèche. Le traitement à l'intérieur d'une même balle est donc plutôt homogène, ce qui confirme l'épandage régulier de l'urée sur la paille. La plus forte variabilité observée entre balles provient de la dose d'urée par balle (coefficient de variation de 20 %). Pour M1, malgré une quantité d'urée plus élevée, le traitement a été moins efficace que pour P en raison d'une moins bonne répartition de la solution d'urée qui circule préférentiellement par le centre des balles. La partie inférieure des



Paille de canne après traitement à base d'urée (photo P. Hassoun).

balles est moins traitée ($p < 0,05$) notamment sur son pourtour (tableau 29). Pour M2, le traitement a été plus efficace que pour les essais P et M1, pour lesquels des doses plus faibles d'eau et d'urée ont été appliquées. Cependant, la partie inférieure de la balle reste moins bien traitée ($p < 0,05$). En revanche, pour les traitements S, aucune différence significative n'est apparue entre les traitements pratiqués dans l'efficacité de la décomposition en ammoniac, la dégradabilité enzymatique de la matière organique, la teneur en matière sèche et en azote total. Seule la teneur en ammoniac semble différente ($p < 0,01$) pour les balles inférieures : 5,7 grammes par kilo de matière sèche pour le traitement S1 contre 12 grammes pour le traitement S2, les balles enrubannées présentant une teneur de 7,5 grammes par kilo de matière sèche.

Tableau 29. Résultats du traitement de la paille dans les différentes parties de la balle.

	Essai M1			Essai M1 (face inférieure de la balle)			Essai M2		
	haut	bas	F	centre	périphérie	F	haut	bas	F
Matière sèche (%)	67,8	75,6	*	56,0	61,0	ns	64,2	74,5	*
Matières azotées totales (g/kg MS)	20,3	15,1	*	19,3	15,6	ns	19,0	14,1	*
Dégradation de la matière organique ¹ (%)	39,8	35,8	*	39,5	36,7	ns	36,1	32,7	*

1. Selon AUFRERE et MICHALET-DOREAU (1998).

* : $p < 0,05$.

Le traitement des pailles par aspersion de la solution d'urée directement sur la presse est un peu plus efficace mais difficile à mettre en œuvre et à contrôler. Les traitements par aspersion des balles, quelle que soit la méthode, sont plus pratiques à réaliser et plus efficaces.

Les traitements peuvent donc être réalisés par aspersion à raison de 12 kilos d'urée et 70 à 80 litres d'eau par balle. Le coût du traitement, hors main-d'œuvre, de 70 balles — nombre maximal que l'on peut mettre sous une bâche d'ensilage classique — est de l'ordre de 35 francs hors taxes (FULCHERI, 1998).

L'utilisation par des génisses laitières de la paille de canne à sucre brute ou traitée à l'ammoniac

Pour compléter les études précédentes, deux essais d'alimentation de génisses laitières ont été mis en place en collaboration avec la Sicalait afin d'évaluer l'intérêt respectif de la paille brute ou traitée à l'ammoniac pour des animaux en croissance (HASSOUN, 1997 ; FULCHERI, 1998).

Dans les deux essais les génisses recevaient à volonté, soit de la paille brute, soit de la paille traitée, après une phase de transition. Les caractéristiques des lots sont présentées dans le tableau 30 et la composition des rations dans le tableau 31.

Les balles traitées utilisées dans le premier essai provenaient du traitement P décrit précédemment. Dans le deuxième essai, la paille traitée provenait des traitements S. Dans cet essai, les bouchons de luzerne déshydratée ont été utilisés dans une première phase de 45 jours puis remplacés par de la pulpe de betterave déshydratée pour une durée identique.

Tableau 30. Caractéristiques des lots.

Lot	Essai 1		Essai 2	
	T1	E1	T2	E2
Nombre de génisses	11	11	20	20
Age (j)	391	412	357	347
Poids vif initial (kg)	235	236	255	258

Les quantités ingérées ont été enregistrées pendant six jours dans l'essai 1. Au cours de l'essai 2, les quantités ingérées ont été mesurées trois fois sur quatre jours consécutifs au cours de chaque phase et une fois en période préexpérimentale (régime témoin). Les consommations d'eau ont été évaluées à l'aide de compteurs installés à l'arrivée de chaque abreuvoir.

Tableau 31. Composition des rations distribuées (en kg brut) pendant les deux essais.

Lot	Essai 1		Essai 2	
	T1	E1	T2	E2
Paille brute	à volonté	—	à volonté	—
Paille traitée	—	à volonté	—	à volonté
Mélasses	—	1,0	—	0,5
Mélasses-urée	1,15	—	0,58	—
Concentré	3,0	3,0	4,0	4,0
Bouchons de luzerne ¹	—	—	1,0	1,0
Pulpes de betterave ²	—	—	1,0	1,0
Minéraux	0,1	0,1	0,05	0,05

1. Distribué en première période d'essai.

2. Distribué en deuxième période d'essai.

Dans les deux essais, tous les animaux ont eu libre accès à l'eau ainsi qu'à un oligobloc. Au début des essais, chaque génisse a reçu une injection de vitamines A, D₃ et E et a été traitée contre les parasites intestinaux.

Au cours de l'essai 2, en plus du poids vif, la hauteur au garrot et l'état corporel ont été notés pour chaque génisse au début de l'essai, au changement de régime et à la fin de l'essai.



Alimentation de génisses laitières à la ferme de la Sicalait avec de la paille brute ou traitée (photo P. Hassoun).

LES QUANTITÉS INGÉRÉES

Les résultats d'ingestion sont présentés dans le tableau 32. Pour l'essai 1, les niveaux d'ingestion des pailles enregistrés en période expérimentale sont de $4,4 \pm 0,3$ kilos de matière sèche par animal pour le lot E1 et de $3,5 \pm 0,7$ kilos de matière sèche par animal pour T1, soit 1,8 kilo de matière sèche pour 100 kilos de poids vif pour E1 et 1,4 kilo pour T1. Les consommations d'eau individuelles moyennes sont identiques : 29,1 litres par jour, pour E1, et 30,4, pour T1.

Tableau 32. Quantités ingérées de matière sèche de paille (en kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif) au cours des deux essais.

Lot Phase	Essai 1		Essai 2			
	T1	E1	T2		E2	
			I	II	I	II
Paille brute	1,4		1,2	1,1		
Paille traitée		1,8			1,6	1,3

Pour l'essai 2, les quantités ingérées de paille brute des deux lots (phase de régime témoin) sont identiques avec 1,4 kilo de matière sèche pour 100 kilos de poids vif. En phases de comparaison, le lot E2 ingère 1,6 kilo de matière sèche pour 100 kilos de poids vif contre 1,2 pour le lot T2. Au cours de la phase II, les quantités ingérées ont toutes diminué. Cette diminution pourrait être attribuée à la baisse brutale de la température extérieure survenue dès le début de cette phase, induisant une baisse de la température de l'eau (7 °C) et de son ingestion (moins 4 litres en moyenne pour l'ensemble des lots).

LA CROISSANCE DES GÉNISSES

Les résultats de croissance sont présentés dans le tableau 33. Pour l'essai 1, le gain moyen quotidien du lot E1 dépasse celui de T1 de 150 grammes. Mais ce résultat, obtenu sur une courte période, bien que prometteur doit être pris avec précaution. Au cours de l'essai 2, le gain moyen quotidien du lot E2 dépasse celui du lot T2 de 80 grammes. Ce faible écart masque une différence notable entre les deux régimes successifs. Au cours de la première phase, avec les bouchons de luzerne, les croissances ne sont pas significativement différentes : 700 grammes par jour pour E2 et 679 grammes pour T2. Dans la deuxième phase, avec la pulpe de betterave, on relève une différence significative dans les gains moyens quotidiens des deux lots : 806 grammes pour E2 et 681 grammes pour T2.

Ce résultat pourrait être dû à la pulpe de betterave, riche en parois très digestibles. La pulpe pourrait avoir joué un rôle de catalyseur dans le cas de la paille traitée augmentant ainsi sa dégradabilité et assurant par conséquent de meilleures performances. Mais cela reste à vérifier. La hauteur au garrot est la même pour les deux lots.

Ces premiers résultats sur la paille de canne à sucre sont encourageants mais certains aspects liés à la complémentation doivent être précisés. La paille traitée pourrait être une bonne source fourragère pour des génisses de plus de 1 an et des animaux adultes dont les besoins sont modérés. Elle pourrait ainsi permettre l'élevage de génisses chez l'éleveur sans diminuer la disponibilité fourragère pour les vaches laitières du troupeau. Un essai sur une longue période mériterait d'être conduit afin d'évaluer l'impact de ce type de fourrage sur la croissance, voire sur les performances de reproduction et de production laitière des génisses.

Tableau 33. Caractéristiques des lots et résultats de croissance.

Lot	Essai 1		Essai 2	
	T1	E1	T2	E2
Poids vif initial (kg)	235	236	255	258
Poids vif final (kg)	268	276	330	340
Durée (semaines)	6	6	14	14
Croissance (g/j)	741	896	665	744

Les rations en élevage laitier

Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat,
Gilles Mandret, Philippe Brunschwig, Alain Bigot,
Jean-Yves Latchimy

L'alimentation des bovins laitiers à la Réunion repose sur l'utilisation de graminées tempérées et tropicales et de résidus fibreux de la canne à sucre. Le kikuyu, lorsqu'il est exploité au bon stade, a une valeur nutritive élevée. S'il est exploité tardivement, sa valeur reste moyenne ce qui en fait une bonne réserve fourragère sur pied. La canne fourragère et le chloris ont une valeur nutritive moyenne qui décroît avec l'âge, rapidement dans le cas de la canne fourragère et peu pour le chloris. Les graminées tempérées, dactyle et ray-grass, ont une valeur nutritive élevée, qui diminue plus rapidement avec l'âge en hiver et au printemps qu'en été et en automne et ce, de manière plus prononcée pour le dactyle que pour les ray-grass. Les teneurs en azote sont supérieures à celles de métropole. L'ensilage de maïs reste un fourrage d'utilisation limitée en raison des faibles surfaces qui peuvent être consacrées à sa culture et des contraintes climatiques liées à l'altitude. Les fourrages de la Réunion, du fait de la nature des sols et des pratiques de fertilisation, sont carencés en cuivre et en zinc et, dans une moindre mesure, en phosphore et en calcium. Cela implique une complémentation minérale adaptée. Quelles que soient la nature, la forme de présentation et la période de l'année, les fourrages sont rarement distribués à volonté, sauf dans les systèmes sur pâturage. Les quantités ingérées mesurées sont en moyenne de $8 \text{ à } 10 \pm 2$ kilos de matière sèche par jour et par vache, avec une variabilité plus forte entre les exploitations qu'entre les saisons. Exploités plutôt tardivement et distribués en quantités limitées, les fourrages couvrent rarement plus que les besoins énergétiques d'entretien (parfois moins) des troupeaux dont le poids vif moyen des animaux est de l'ordre de 550 à 600 kilos. Dans ces conditions, les quantités distribuées d'aliments concentrés sont élevées afin de couvrir une partie des besoins d'entretien et la production laitière. Leur efficacité de transfor-

mation décroît d'autant plus que le stade de lactation est supérieur à 3 mois. Malgré un contexte économique actuel favorable, un rationnement mieux raisonné permettra de valoriser correctement fourrages et concentrés et de diminuer les coûts de production.

Les systèmes d'alimentation des élevages laitiers de l'île reposent sur des fourrages de nature et de qualité très différentes : résidus fibreux de canne à sucre, graminées tropicales et graminées tempérées. Les fourrages sont utilisés soit en vert et distribués à l'auge ou pâturés, soit sous forme de foin ou d'ensilage. Les rations varient selon les zones d'élevage, selon les éleveurs pour une même zone et, dans le temps, selon l'éleveur. Il importe donc de mieux connaître la valeur de ces fourrages et la variabilité des rations distribuées pour identifier les freins d'ordre nutritionnel au développement de la production laitière.

La diversité et la valeur nutritive des principaux fourrages

Les premières études portant sur l'analyse chimique et la valeur nutritive des fourrages ont été réalisées par GILIBERT (1981 ; 1983). Par la suite, d'autres travaux ont été entrepris sur l'évolution de la valeur nutritive des principaux fourrages en fonction de l'âge et de la saison (BIGOT, 1991a ; BRUNSCHWIG, 1991b ; 1991c ; 1991d ; PAILLAT, 1995).

Les analyses chimiques présentées (tableau 34) ont toutes été réalisées au laboratoire d'analyses du Cirad à Saint-Denis. Les valeurs nutritives (tableau 35) ont été calculées à partir de plusieurs équations (ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1987 ; AUMONT *et al.*, 1991 ; ANONYME, 1994).

Les graminées tropicales

LE KIKUYU

Le kikuyu, *Pennisetum clandestinum*, est principalement exploité en pâturage, rarement en fauche en vert. Il est présent dans presque toutes les zones d'élevage mais domine surtout dans les Hauts de l'Ouest. Sa conservation sous forme d'ensilage a été plus ou moins abandonnée car il est difficile d'en réaliser un ensilage de bonne qualité (PAILLAT, 1995). Le kikuyu constitue encore par endroit une forme de réserve fourragère sur pied. Mais cette pratique tend à disparaître sous l'influence des actions de recherche conduites par le Cirad (BLANFORT, 1998) et transférées à l'Union des Afp pour mieux maîtriser les productions fourragères.

Tableau 34. Composition chimique et dégradabilité enzymatique de la matière organique moyennes des principaux fourrages utilisés, mesurées sur des échantillons prélevés sur les fourrages distribués aux animaux.

	Cendres	Matières azotées totales	Cellulose brute	Ca P Mg			Dégradabilité enzymatique de la matière organique (%)
				(g/kg MS)			
Kikuyu	93	149	277	3,2	2,9	3,1	49,8
Canne fourragère	134	116	331	1,8	4,6	2,8	51,0
Chloris	93	118	347	3,2	2,2	1,8	41,5
Dactyle	103	200	268	4,0	3,9	1,9	67,0
Ray-grass anglais	97	167	258	5,7	4,1	1,7	72,6
Ray-grass d'Italie	109	175	241	5,2	4,0	1,7	78,1
Liane de patate douce	141	180	207	—	—	—	81,0
Pailles de canne	74	22	378	—	—	—	33,3
Bagasse	90	19	456	—	—	—	11,7

Tableau 35. Valeurs nutritives moyennes estimées des principaux fourrages utilisés.

	UFL	UFV	PDIN	PDIE
	(par kg MS)		(g/kg MS)	
Kikuyu	0,68	0,59	97	88
Cannes fourragères	0,58	0,49	53	61
Chloris	0,57	0,46	80	76
Dactyle	0,88	0,82	122	115
Ray-grass anglais	0,93	0,87	103	103
Ray-grass d'Italie	0,87	0,82	106	103

L'évolution de la valeur nutritive du kikuyu a été étudiée à 1 100 mètres, en 1989, de mars à mai, à la fin de l'été, et d'août à octobre, à la fin de l'hiver (BIGOT, 1991a). En saison fraîche comme en saison chaude, la teneur en matières azotées totales décroît progressivement dès la 4^e semaine de repousse de 20-21 % à 10 % de la matière sèche. Dans le même temps, les teneurs en cellulose brute augmentent régulièrement à la fin de l'été alors qu'à la fin de l'hiver elles se stabilisent dès la 6^e semaine (figure 45).

Ces évolutions conduisent à une diminution régulière de la dégradabilité de la matière organique avec l'âge, en été, et à une stabilisation dès 5 à 6 semaines, en hiver. La valeur du kikuyu est donc plus régulière en saison fraîche qu'en été, où elle se dégrade rapidement. LAKSESVELA et SAID (1978) ont obtenu des évolutions semblables malgré des teneurs en matières azotées totales plus élevées (saison et altitude non précisées). Sur la période de novembre à mai, DUGMORE et DU TOIT (1988), en Afrique du Sud, ont enregistré des variations

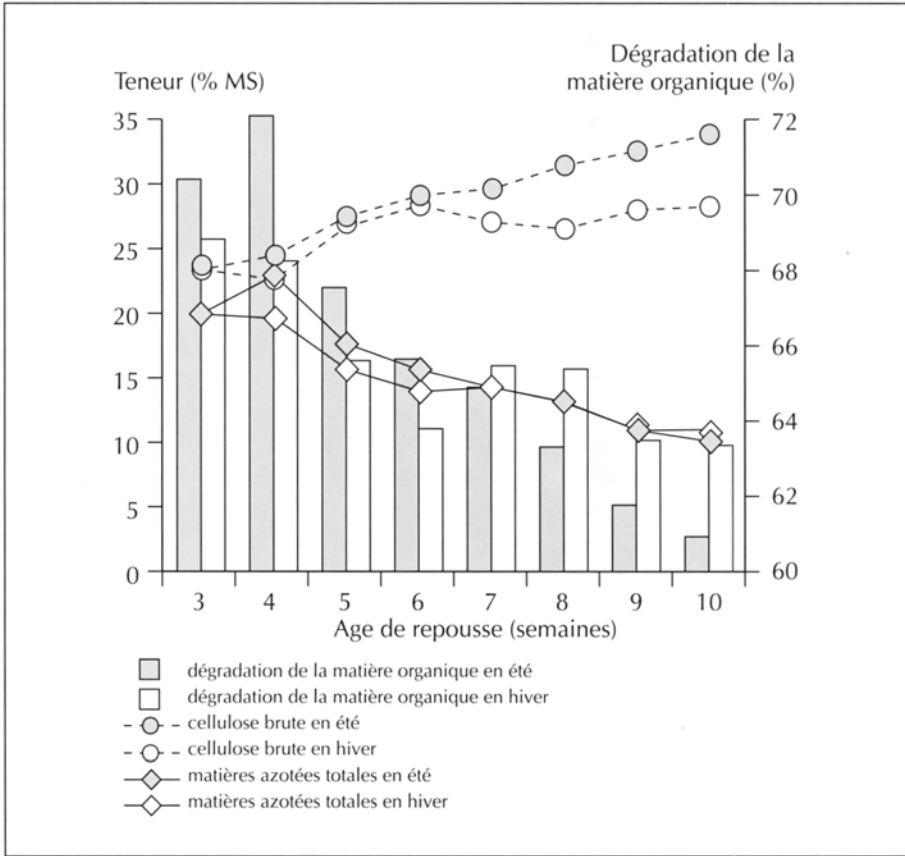


Figure 45. Evolution des teneurs en matières azotées totales et en cellulose brute et de la dégradation de la matière organique du kikuyu en fonction de l'âge de repousse au cours des cycles de fin d'hiver et de fin d'été.

de matières azotées totales allant de 12,7 à 23,3 % pour des temps de repousse de l'ordre de trois à quatre semaines.

Dans le cadre de différents suivis d'élevage réalisés par le Cirad, la qualité du kikuyu offert aux animaux a été évaluée. Les teneurs en matières azotées totales observées sont très variables du fait de nombreux facteurs : saison, altitude, fertilisation, âge... Cependant, elles sont toujours plus élevées en période fraîche, de juillet à septembre, qu'en période chaude, de décembre à mars, avec respectivement 168 et 140 grammes de matières azotées totales par kilo de matière sèche. Dans les deux cas, elles diminuent avec l'âge, entre 3 et 10 semaines. Pendant l'intersaison, d'avril à juin, les teneurs restent intermédiaires, entre 100 et 150 grammes de matières azotées totales par kilo de matière sèche, quel que soit l'âge des repousses. Les valeurs nutritives (tableaux 34 et 35) indiquent que le fourrage est de qualité moyenne à bonne, avec cependant une forte variabilité liée aux facteurs climatiques et agrono-

miques déjà évoqués. Les valeurs énergétiques (en unités fourragères lait, UFL, ou en unités fourragères viande, UFV) supérieures doivent cependant être prises avec précaution car plusieurs auteurs ont montré que la digestibilité *in vivo* diminue lorsque les teneurs en azote sont supérieures à 19-20 grammes par kilo de matière sèche, soit 120 grammes de matières azotées totales par kilo de matière sèche (DUGMORE et DU TOIT, 1988 ; MARAIS, 1990). Les teneurs élevées en azote observées pourraient être associées à des teneurs importantes en azote non protéique, voire en nitrate comme l'ont signalé DUGMORE *et al.* (1986), DUGMORE et DU TOIT (1988) et MARAIS *et al.* (1990). Ces fortes teneurs en azote non protéique limiteraient les quantités ingérées (DUGMORE et DU TOIT, 1988). Au vu de ses teneurs en azote, le kikuyu est une graminée déficiente en énergie pour la production laitière (OLNEY et ALBERTSEN, 1997). Les teneurs observées en minéraux majeurs sont relativement bonnes et en accord avec l'étude générale réalisée par MANDRET (1998). Le calcium se rencontre principalement sous forme d'oxalate insoluble ; il est donc en grande partie indisponible pour l'animal (MILES *et al.*, 1995 ; MARAIS *et al.*, 1997).

LES CANNES FOURRAGÈRES

Le terme local de « cannes fourragères » désigne plusieurs espèces : *Pennisetum purpureum*, *Tripsacum laxum* et des hybrides de *Pennisetum purpureum*. Il existe une grande diversité de souches de cannes fourragères (BIGOT *et al.*, 1990). Les cannes fourragères sont exclusivement fauchées et distribuées en vert, avec ou sans broyage préalable. Ce fourrage est surtout utilisé dans la zone sud, dont l'altitude est inférieure à 600 mètres.

L'évolution de la valeur nutritive des cannes fourragères a été étudiée dans les Bas de l'île sur deux grandes périodes, de mi-octobre à mi-mai (cycle d'été) et de mi-mai à mi-octobre (cycle d'hiver). Quelle que soit la saison, les résultats révèlent une forte corrélation positive entre la teneur en matières azotées totales et la dégradabilité de la matière organique, et une corrélation négative avec la teneur en cellulose brute, elle-même étroitement liée à la hauteur de la canne fourragère (figure 46). JOHNSON *et al.* (1973) et ODHIAMBO (1974) ont obtenu les mêmes relations entre la hauteur (ou l'âge), les teneurs en cellulose brute (ou en fibres totales) et en matières azotées totales.

La composition chimique et les valeurs nutritives observées sont présentées dans les tableaux 34 et 35. Sur des échantillons de canne fourragère distribuée à l'auge, les teneurs en matières azotées totales sont faibles, inférieures à 10 % de la matière sèche, et les teneurs en cellulose brute sont élevées, supérieures à 34 % de la matière sèche. D'après les résultats de BIGOT *et al.* (1990), d'ODHIAMBO (1974) et de TILEY (1989), le stade optimal d'exploitation se situe entre 6 et 10 semaines selon la saison et à moins de 1,3 mètre de hauteur. Au-delà, le rendement continue d'augmenter au détriment de la qualité du fourrage.

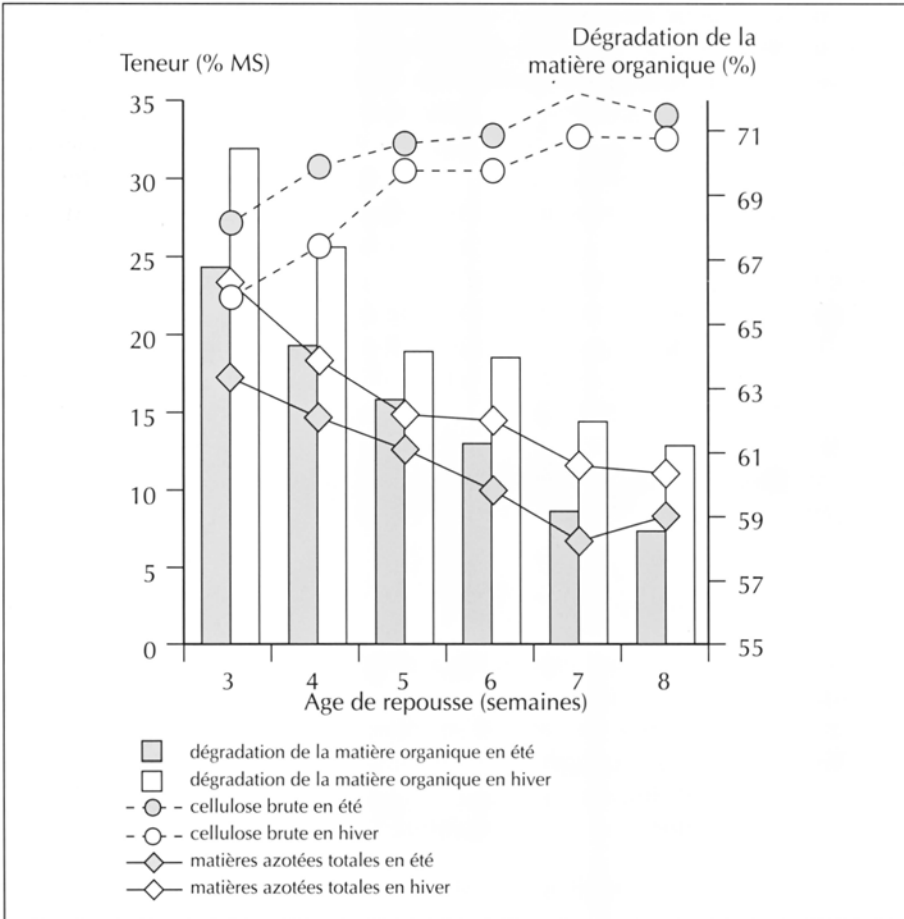


Figure 46. Evolution des teneurs en matières azotées totales et en cellulose brute et de la dégradation de la matière organique de la canne fourragère en fonction de l'âge de repousse au cours des cycles d'hiver et d'été.

LE CHLORIS

Le chloris, *Chloris gayana*, est surtout employé en vert à la Plaine des Grègues, dans les Hauts de Saint-Joseph et à la Crête. C'est la principale graminée exploitée pour le foin et utilisée dans toute l'île.

Les analyses disponibles sur le chloris en vert donnent des valeurs nutritives similaires à celles qui ont été mesurées sur le foin. La valeur nutritive du foin est étroitement liée au stade et aux conditions de récolte (voir « La récolte, la conservation et l'utilisation du foin de *Chloris gayana* »). Dans l'étude réalisée par BRUNSCHWIG (1991b), les stades végétatifs du chloris, relevés au début de chaque chantier de fanage, sont très variables quels que soient la saison et le lieu. La teneur en matières azotées totales à la fauche varie de 72 à



Exploitation du kikuyu au pâturage dans les Hauts de l'Ouest, à 1 100 mètres d'altitude (photo P. Hassoun).

Exploitation en vert de ray-grass anglais à la Plaine des Cafres, à 1 600 mètres d'altitude (photo P. Hassoun).



126 grammes par kilo de matière sèche, celle en cellulose brute varie de 321 à 385 grammes par kilo de matière sèche, ces deux teneurs évoluant en sens inverse. Les valeurs nutritives des foins présentées dans le tableau 35 regroupent les données de l'étude de BRUNSCHWIG (1991b) et de plusieurs suivis d'exploitations laitières. Le chloris est un fourrage de qualité moyenne mais globalement assez bien équilibré en terme d'énergie et d'azote.

D'autres fourrages tropicaux — *Brachiaria* sp., *Setaria* sp., *Panicum* sp... — sont présents dans l'est et les Bas de la zone sud de l'île, mais ils sont très peu exploités dans les élevages laitiers.

Les graminées tempérées

Les fourrages tempérés cultivés à la Réunion sont exclusivement des graminées. Ce sont principalement les ray-grass (hybride, anglais ou d'Italie), le dac-tyle et le brome. Ces fourrages prédominent dans les Hauts de l'île (Plaine des

Cafres, Plaine des Palmistes, Hauts de Saint-Joseph). Ils sont utilisés sous forme d'ensilage en balles enrubbannées ou en fauche en vert. Leur exploitation sous forme de pâturage est plus limitée du fait que l'installation de ces prairies est réalisée sur des surfaces mécanisables principalement destinées à la fauche.

Les résultats qui suivent ont été établis sur la base d'échantillons récoltés en 1988 et en 1989 à la Plaine des Cafres à 1 600 mètres par BRUNSWIG (1991d) et analysés par PAILLAT (1995). Les valeurs nutritives ont été calculées à partir des équations de l'INRA (1988), suivant le choix établi par BRUNSWIG (1991d).

LE DACTYLE

L'ensemble des mesures effectuées sur le dactyle, *Dactylis glomerata*, concernent le stade feuillu (3 à 6 semaines) sauf pour les 7^e et 8^e semaines entre octobre et novembre qui correspondent au début de la montaison. La teneur moyenne en matière sèche est de 17,3 % (13,8 à 21,1) entre 21 et 42 jours de repousse, mais les effets de l'âge et de la saison ne sont pas significatifs. Ces teneurs sont comparables à celles qui sont obtenues en métropole (figure 47).

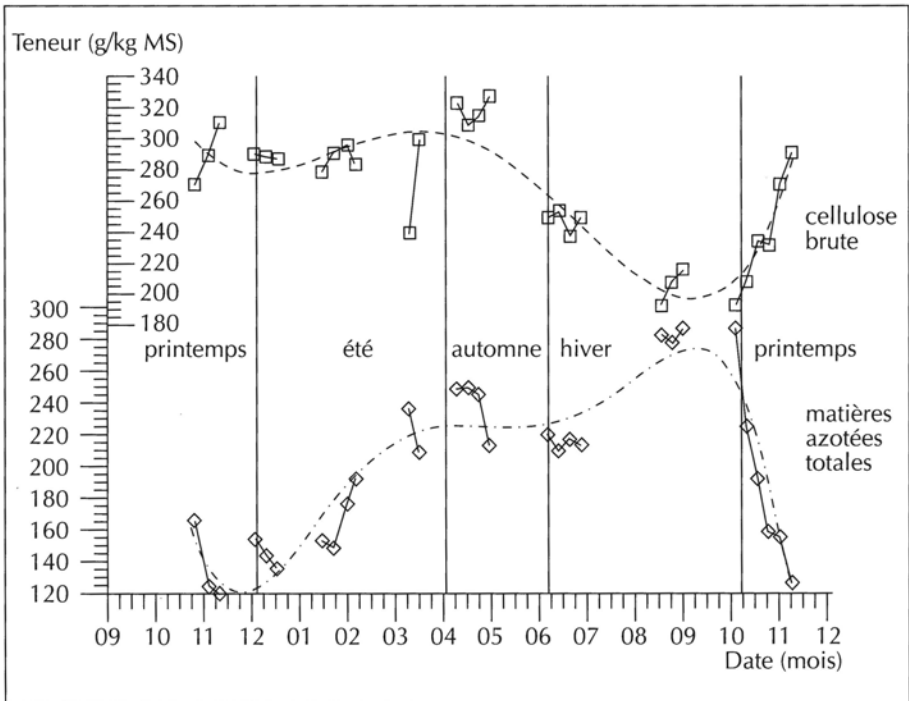


Figure 47. Evolution, selon la saison, des teneurs en matières azotées totales et en cellulose brute du dactyle récolté entre 21 et 42 jours de repousse, à la Plaine des Cafres (1 600 mètres), d'après PAILLAT (1995) sur des données recueillies par Brunswig en 1988 et 1989.

Les teneurs en cellulose brute évoluent assez peu entre 3 et 6 semaines de repousse quelle que soit la période sauf au printemps, au début de la saison chaude, où elles atteignent 280 à 310 grammes par kilo de matière sèche. Elles sont plus faibles en hiver avec des maximums de 250 à 260 grammes par kilo de matière sèche. Les teneurs en matières azotées totales évoluent en sens inverse et cela confère au fourrage une meilleure valeur nutritive en hiver et une valeur plus faible et plus variable au printemps et en été. Les valeurs observées sont globalement du même ordre que celles de métropole qui figurent dans les tables de l'INRA (1988). Les valeurs alimentaires sont ainsi légèrement supérieures en saison fraîche.

LES RAY-GRASS ANGLAIS ET D'ITALIE

La teneur en matière sèche du ray-grass d'Italie, *Lolium multiflorum*, est en moyenne de 13,1 % ; elle est toujours plus faible que celle du ray-grass anglais, *L. perenne*, qui est de 17 %. Cette faible teneur en matière sèche peut limiter l'ingestion du ray-grass. Les teneurs en matières azotées totales et en cellulose brute sont plus faibles que celles du dactyle pour le ray-grass d'Italie, et similaires pour le ray-grass anglais, mais l'amplitude des variations est moindre. Les deux espèces suivent une évolution qualitative semblable au cours de l'année. A titre d'illustration celle du ray-grass anglais est présentée sur la figure 48.

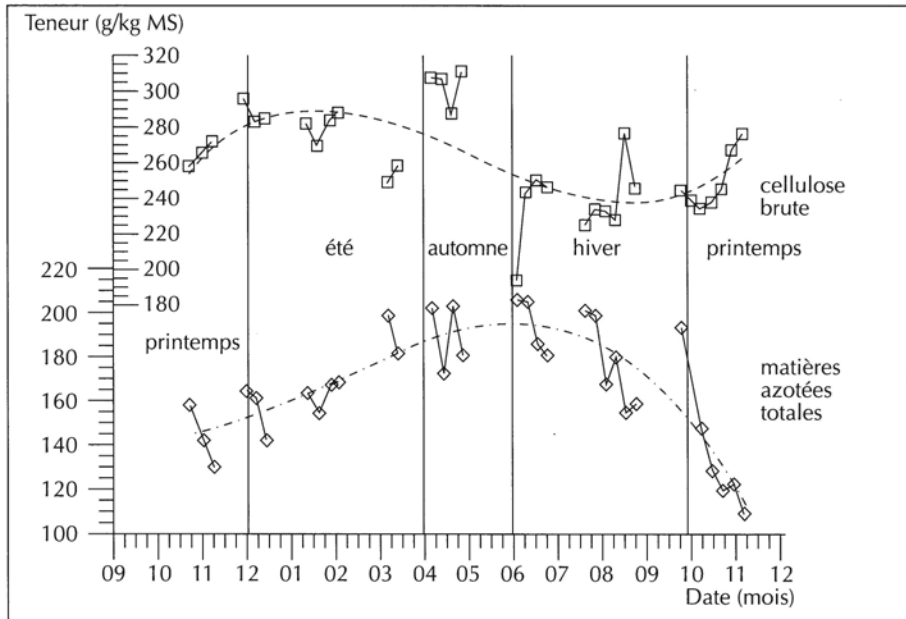


Figure 48. Evolution, selon la saison, des teneurs en matières azotées totales et en cellulose brute du ray-grass anglais récolté entre 21 et 42 jours de repousse, à la Plaine des Cafres (1 600 mètres), d'après PAILLAT (1995) sur des données recueillies par Brunschwig en 1988 et 1989.

Pour ces deux espèces, on note un écart entre les valeurs nutritives d'automne et d'été et celles d'hiver et de printemps plus faibles que pour le dactyle et moins variables avec l'âge de repousse. Ce comportement de la plante autorise une utilisation plus souple ; la qualité du ray-grass anglais varie moins vite avec l'âge. La teneur en glucides solubles est de 94 grammes par kilo de matière sèche pour le ray-grass d'Italie et de 69 grammes pour le ray-grass anglais. La quantité d'azote soluble est la même pour les deux fourrages : 8,7 et 7,9 grammes d'azote par kilo de matière sèche. Ces deux résultats confirment les valeurs sensiblement identiques de protéines digestibles dans l'intestin dépendant de l'azote et de l'énergie (PDIN et PDIE).

Les autres graminées n'ont pas fait l'objet d'études particulières sur le plan nutritif. Le brome est assez peu utilisé et sa valeur nutritive locale n'est pas connue. D'après une étude conduite par SIMON *et al.* (1983), sa teneur en matières azotées totales est proche de celle des ray-grass et du dactyle, alors que sa teneur en cellulose brute est plus élevée. La valeur énergétique du brome est inférieure à celle des ray-grass et de la féтуque mais supérieure à celle du dactyle.

Les autres ressources fourragères

Outres les graminées fourragères présentées, les éleveurs utilisent des fourrages extérieurs à l'exploitation et principalement des résidus fibreux issus de la culture de la canne à sucre.

La bagasse était auparavant le « fourrage » de secours de la saison sèche. Elle est moins utilisée actuellement du fait de sa moindre disponibilité — elle est en grande partie brûlée dans les centrales thermiques pour la production d'énergie — et du fort développement de l'utilisation de la paille de canne (voir « Le récolte des pailles de canne à sucre »). Ces sous-produits de faible valeur nutritive (tableau 34) sont apportés pour combler en partie le déficit fourrager hivernal, mais aussi pour favoriser la rumination grâce à l'apport de fibres longues. La canne à sucre sous forme de plante entière et broyée est largement utilisée en hiver dans les Hauts de Saint-Joseph.

Ponctuellement dans l'année et surtout à la Plaine des Grègues, les éleveurs laitiers introduisent des lianes et des tubercules de patate douce et des cannes de maïs (après récolte des épis). Ces fourrages utilisés selon leur disponibilité sur des périodes de temps assez courtes n'en constituent pas moins un apport fourrager complémentaire non négligeable pour les exploitations de cette zone. La valeur nutritive et la dégradabilité de la matière organique des lianes de patate sont élevées (tableau 34), mais leur teneur en matière sèche est faible, inférieure à 11 %.

La composition minérale des fourrages à la Réunion

Afin d'obtenir une vision globale de la variabilité de la composition minérale des fourrages, une étude a été entreprise sur plus de 1 000 échantillons de



Stock de bagasse à la Plaine des Cafres (photo P. Hassoun).

Distribution en vert de fourrages tempérés à la Plaine des Cafres (photo P. Hassoun).



Stock de paille de canne dans les Hauts (photo P. Hassoun).

fourrages (MANDRET, 1998). En effet, des subcarences minérales ont été signalées sur des fourrages cultivés sur sol volcanique (DEJOU *et al.*, 1985 ; JUSTE, 1990 ; DURU *et al.*, 1993).

Plusieurs espèces fourragères ont été étudiées : *Chloris gayana*, *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. ruziziensis*, *Pennisetum clandestinum*, *P. purpureum* et *Setaria anceps*, pour les espèces tropicales, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium hybridum*, *L. multiflorum* et *L. perenne*, pour les espèces tempérées. Les valeurs limites du risque de carence prononcée ont été déduites des données de UNDERWOOD (1981) et de l'INRA (1988). Le tableau 36 synthétise les principaux résultats de cette étude.

La classe 1 est constituée principalement par les fourrages tropicaux (kikuyu, *Setaria*, *Brachiaria*...) d'altitude moyenne sur andosol. Les rapports calcium-phosphore sont équilibrés malgré des teneurs en calcium et en phosphore à la limite de la carence primaire, de même pour le magnésium. Les teneurs en cuivre sont très faibles (carence primaire) ; les teneurs en zinc sont à la limite de la carence.

La classe 2 regroupe essentiellement les fourrages tropicaux des Bas (*Chloris gayana*, *P. purpureum*) sur vertisol et limons. Leur profil minéral est sensiblement identique à celui de la classe 1.

La classe 3 est plus particulièrement constituée de fourrages tempérés, cultivés en altitude sur andosol. Ces fourrages ont des teneurs très faibles en phosphore probablement dues aux pratiques de fertilisation qui minimisent l'apport de phosphore. Il en découle un déséquilibre marqué du rapport calcium-phosphore. Ces fourrages sont presque toujours carencés en cuivre et en zinc.

Tableau 36. Profils minéraux des fourrages de l'île de la Réunion (1989-1992) répartis par grande classe, valeurs limites de carence et proportion de fourrages dont les teneurs sont en deçà de la limite de carence.

	Ca/P	Ca	P	Mg	K	Cu	Zn	Mn
		g/kg MS				mg/kg MS		
Classe 1	1,2	3	2,6	3,3	29,7	6,3	38,7	77,4
Classe 2	0,96	3	3,4	3,2	29,2	6,2	39,9	75,2
Classe 3	3,1	4,5	1,6	3,5	27,5	5,8	26,4	78,9
Limites de carence primaire	0,9	2,5	2,0	1,5	8,0	7,0	30,0	20,0
Limites de subcarence	2,0	5,0	4,0	3,0		10,0	45,0	40,0
Proportion de fourrages en deçà de la limite (%)	39,1	13,2	25,8	5,6	6,8	62,5	41	1,1

L'importance des carences potentielles en cuivre, en zinc et, dans une moindre mesure, en phosphore se retrouve que les fourrages soient tropicaux (sauf *Setaria* et *P. clandestinum*) ou tempérés. Bien que les teneurs en calcium soient faibles, on observe peu de carences prononcées pour cet élément tout comme pour le magnésium, toujours associé au calcium dans les amendements calcaires. Les teneurs en potassium et en manganèse sont suffisantes et ne posent pas de problèmes.

Cette variabilité dans la composition minérale des fourrages n'est pas *a priori* un problème en élevage laitier puisque la complémentation minérale y est courante. En revanche, les élevages allaitants, qui ne reçoivent que peu ou pas de complémentation minérale, peuvent être directement touchés par les carences et les déséquilibres minéraux des fourrages.

La valorisation des rations et la production laitière

Les quantités ingérées et les variations annuelles des rations de base

Pour caractériser la variabilité qualitative et quantitative des rations de base, dans le temps et dans l'espace, un suivi a été réalisé dans huit exploitations pendant seize mois (HASSOUN et LATCHIMY, 1998b). Les caractéristiques des huit troupeaux suivis sont présentées dans le tableau 37. Tous les 15 jours environ, les composants quantitatifs et qualitatifs de la ration ainsi que la production laitière du troupeau ont été mesurés ou enregistrés. Les productions laitières individuelles provenaient du contrôle laitier réalisé par l'Ede. L'état corporel de toutes les vaches a été noté chaque mois. Le poids vif moyen a été évalué à partir du périmètre thoracique de chaque vache adulte et d'une équation théorique établie sur la pesée et le périmètre thoracique de 40 vaches laitières du troupeau du lycée agricole de Saint-Joseph. Au cours d'un essai précédent, le poids vif des animaux de trois troupeaux avait été mesuré (HASSOUN *et al.*, 1997). Il était de 503 ± 53 kilos pour les primipares et de 533 ± 47 kilos pour les multipares. Les estimations réalisées pour les animaux des huit exploitations ne sont donc pas trop éloignées des mesures réelles.

Quelles que soient la nature et la forme de présentation des fourrages, leur distribution se fait très rarement à volonté. On n'observe presque jamais de refus ou bien ils correspondent à des parties non consommables ou à des ensilages de mauvaise qualité de conservation. Ces mesures confirment les observations réalisées par ailleurs dans le cadre d'autres suivis (HASSOUN *et al.*, 1997 ; HASSOUN et LATCHIMY, 1995 ; 1997 ; 1998a). Cette distribution en quantité limitée peut s'expliquer par le fort chargement de ces exploitations (entre 3,5 et 5 unités gros bovin par hectare), par la crainte de l'éleveur de manquer de fourrage en hiver, par l'irrégularité saisonnière de la production fourragère, mais aussi par l'encombrement des fourrages distribués en vrac, qui remplissent vite les remorques.

L'évolution des quantités de fourrage ingérées au cours de l'année montre peu de variations — 8 à 8,5 kilos de matière sèche par jour et par vache —, sauf en

Tableau 37. Caractéristiques des huit exploitations suivies (les valeurs moyennes sont suivies des écart types).

Exploitation (zone)	Altitude (m)	Fourrages et mode de présentation	Nombre de vaches laitières	Poids vif moyen (kg)	Production laitière par vache traite (l/j)	concentré/lait produit
A (Plaine des Palmistes)	1 300	ensilage (tempéré)	26	550 ± 52	16,5 ± 1,7	0,530 ± 0,2
B (Plaines des Palmistes)	1 100	ensilage (tempéré-tropical-maïs), foin	35	534 ± 49	21,4 ± 2,1	0,640 ± 0,3
C (Saint-Pierre)	100	foin (tropical)	26	511 ± 58	20,3 ± 2,0	0,700 ± 0,26
D (Plaines des Cafres)	1 300	vert, ensilage, pâturage (tropical-tempéré)	19	483 ± 60	14,1 ± 3,0	0,590 ± 0,27
E (Saint-Joseph)	1 100	pâturage (tropical), vert (tropical-tempéré)	25	517 ± 58	14,8 ± 2,0	0,715 ± 0,3
F (Plaine des Grègues)	670	vert (tropical)	27	483 ± 50	17,3 ± 1,6	0,710 ± 0,2
G (Plaine des Grègues)	670	vert (tropical)	24	490 ± 61	18,3 ± 1,8	0,475 ± 0,11
H (Hauts de l'Ouest)	1 100	pâturage (tropical), ensilage (maïs)	31	501 ± 50	15,7 ± 2,0	0,470 ± 0,12

sortie de saison fraîche où les quantités sont supérieures de 1,5 kilo de matière sèche en moyenne mais avec une variabilité assez importante, due principalement à une distribution de fourrage plus sec (figure 49).

Les moyennes par troupeau variaient de 6 à 11 kilos de matière sèche par jour et par vache, parfois plus. Dans le cas de l'exploitation H, les animaux sont conduits sur pâturage intégral de kikuyu avec un chargement de 1,5 unité gros bovin par hectare, complétés par 3 kilos de matière sèche d'ensilage de maïs en août et en septembre. Compte tenu de la bonne productivité des parcelles (2,6 ± 0,9 tonnes de matière sèche par hectare), il a été retenu par défaut une valeur de quantité ingérée moyenne constante de 10 kilos de matière sèche. Les animaux des exploitations B, D et E disposent d'environ 2,5 hectares de surface pâturée auxquels ils ont accès le jour et la nuit (B et E).

La teneur en matière sèche des fourrages distribués en vert est en moyenne de 21,2 ± 4,6 % ; celle des fourrages distribués sous forme d'ensilage, de 23,1 ± 5,0 %. Leur évolution au cours de l'année est représentée sur la figure 50.

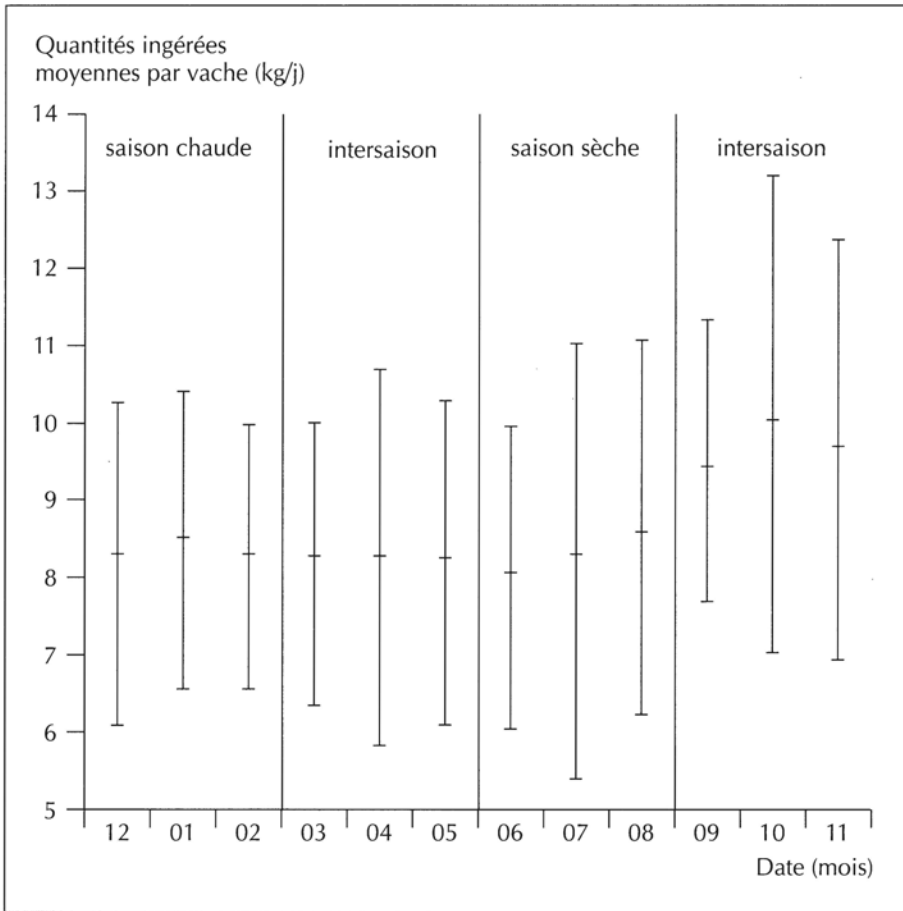


Figure 49. Evolution des quantités ingérées moyennes de matière sèche sur l'ensemble des exploitations (sauf H) au cours de l'année (les barres représentent l'écart type autour de la moyenne).

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant l'hiver et au début de la saison des pluies. La teneur en matière sèche des fourrages verts peut engendrer un niveau d'ingestion faible, notamment lorsqu'elle est inférieure à 20 %. Cet effet est bien connu tant avec des fourrages tempérés (VERITE et JOURNET, 1970) qu'avec des fourrages tropicaux (ANINDO et POTTER, 1986 ; JOHN et ULYATT, 1987).

Les teneurs en matière sèche des ensilages, principalement des balles rondes enrubannées, sont presque toujours supérieures à celles du fourrage vert (signe d'un préfanage systématique) mais restent trop faibles pour une bonne conservation. Aucune relation n'a pu être mise en évidence entre les teneurs en matière sèche et les quantités ingérées, probablement parce que les fourrages ne sont pas distribués à volonté. A volume fauché égal, la quantité de matière

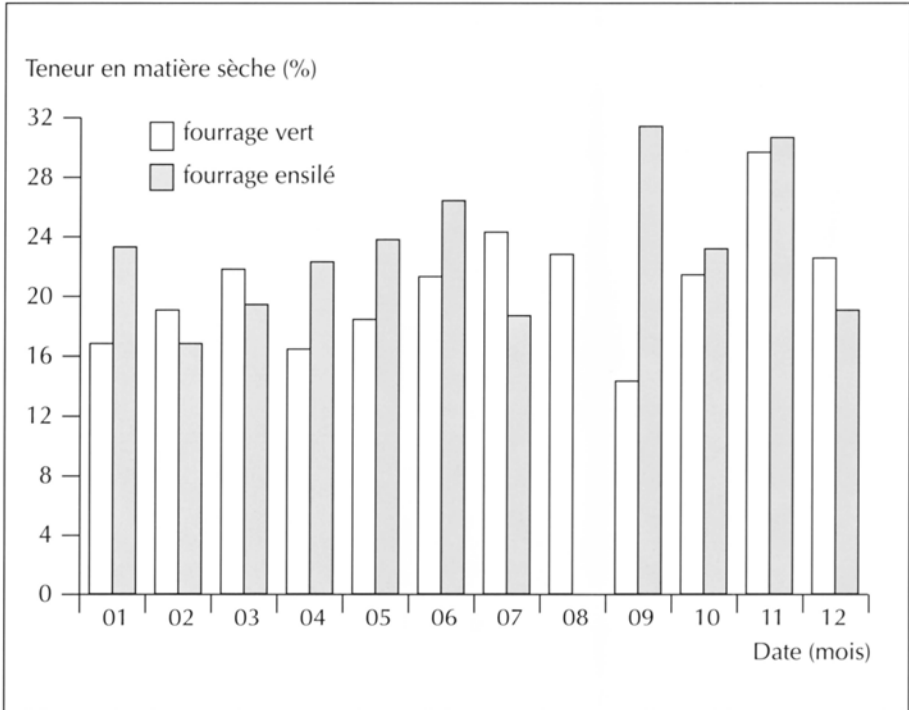


Figure 50. Evolution sur l'année des teneurs en matière sèche moyennes des fourrages verts ou ensilés distribués.

sèche distribuée est plus importante si la teneur en matière sèche du fourrage est plus élevée. Les quantités ingérées moyennes de matière sèche sont alors plus grandes.

Les faibles niveaux d'ingestion observés peuvent également résulter de phénomènes de substitution avec les aliments concentrés lorsque ces derniers sont distribués en grande quantité et cela d'autant plus que les besoins énergétiques de l'animal sont couverts (FAVERDIN *et al.*, 1997).

La qualité et les performances permises par les rations de base

Pour chaque contrôle laitier, le niveau de production laitière permis par la ration de base fourragère (figure 51) a été évalué soit d'après l'énergie (UFL) soit d'après l'azote (PDIN), en tenant compte des valeurs alimentaires des fourrages distribués (tableau 38), des pesées des rations et des besoins moyens d'entretien des animaux. Ces derniers ont été majorés, sur la base des données de l'INRA (1988), de 10 à 15 % pour les exploitations C, G, A, B et F, où les déplacements sont modérés, de 20 % pour l'exploitation D, pour laquelle le



Distribution de cannes fourragères à la Plaine des Grègues (photo P. Hassoun).

pâturage est à faible distance, de 30 % pour l'exploitation E, où la pente est moyenne, et de 50 % pour l'exploitation H, qui présente une forte pente et un pâturage éloigné et exclusif.

Le premier constat est que, d'un point de vue énergétique, la ration de base couvre tout juste les besoins d'entretien, sauf dans deux cas, F et G, où elle autorise une production de 4 à 5 kilos de lait. Cette situation résulte de deux facteurs. Les quantités de fourrage distribuées et donc les quantités ingérées (pas ou peu de refus) sont faibles, souvent inférieures à 9-10 kilos de matière sèche. La valeur nutritive du fourrage est modeste même pour le fourrage tempéré, car il est trop souvent utilisé à un stade avancé ou contaminé par les adventices (rumex, cypéracées, *Sporobolus fertilis*...). Du point de vue de l'azote au contraire, la ration fourragère permet, dans presque tous les cas, de produire de 4 à 10 kilos de lait.

Les variations climatiques en altitude sont si brutales qu'il est souvent difficile d'utiliser un même fourrage de qualité relativement stable sur une longue période. D'autres zones, comme les Hauts de l'Ouest et la Plaine des Grègues, posent moins de problèmes car le fourrage est de nature relativement constante bien que de qualité médiocre.

Face à des situations aussi variables, et en l'absence de données précises sur la composition qualitative et quantitative des rations de base, il est difficile pour les éleveurs de corriger leur ration de base. Un même type de fourrage est donc complété avec des concentrés différents, et un même concentré est employé pour des fourrages différents. Les rations ne sont pas corrigées ou, du moins, leur correction est mal raisonnée.

La distribution d'un concentré unique, s'adaptant à diverses situations fourragères, en particulier dans le cas où le fourrage est limité, a été envisagée mais sans résultat probant (HASSOUN *et al.*, 1997). La solution apparaît plus com-

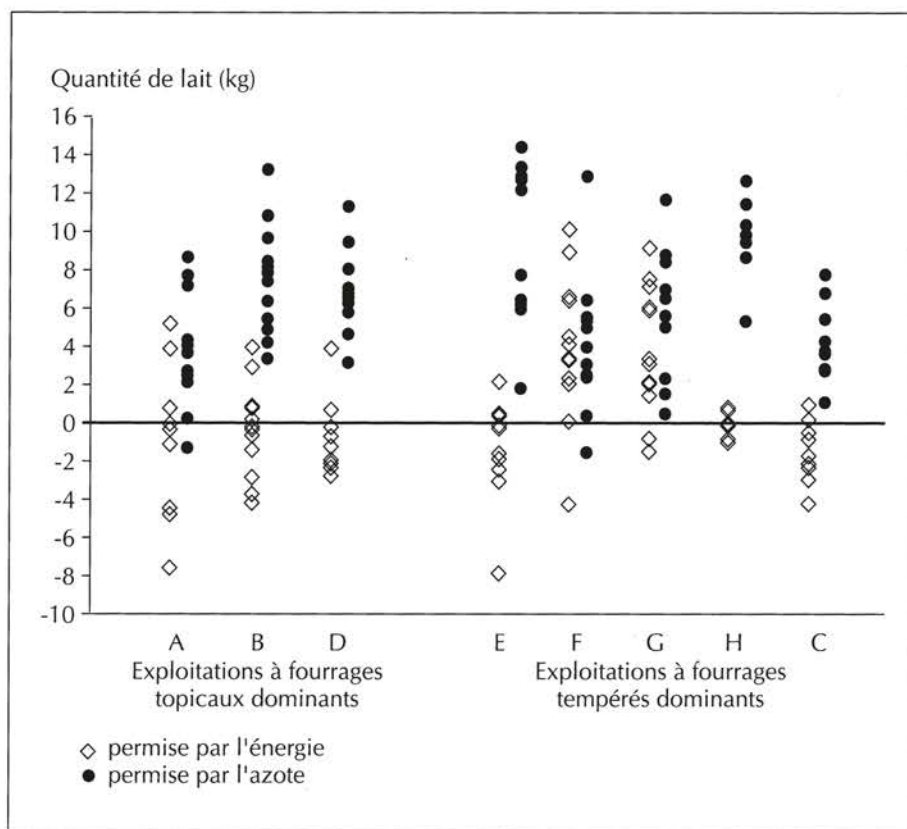


Figure 51. Quantité moyenne de lait standard (lait à 4 %) permise par l'énergie et l'azote des fourrages ingérés dans les huit exploitations, calculée à chaque contrôle laitier.

Tableau 38. Moyennes et écarts types des valeurs énergétiques (en UFL par kilo de matière sèche) et azotées (en g de PDIN par kilo de matière sèche), des fourrages distribués dans huit exploitations.

Fourrages Nombre d'échantillons	Tempérés 40		Tropicaux 74		Foins 25	
	UFL	PDIN	UFL	PDIN	UFL	PDIN
Moyenne	0,77	96	0,61	76	0,57	75
Ecart type	0,10	24	0,07	28	0,05	18

plexe et passe par une correction mieux adaptée des rations de base, qui varient dans l'espace et dans le temps. Face à une telle situation, les quantités distribuées de concentrés sont élevées pour assurer un bon niveau de production.

Enfin, sur le plan de l'utilisation des compléments minéraux, BRUNSCHWIG *et al.* (1991) ont noté, à partir d'une vaste enquête sur l'utilisation des minéraux, que plus de 80 % des éleveurs laitiers utilisent des minéraux assez régulièrement. Les quantités distribuées de minéraux complets ont été enregistrées dans le cadre de plusieurs suivis depuis 1994. Elles varient de 0 à près de 400 grammes par jour et par vache, avec une moyenne proche de 200 grammes par jour. Ces minéraux sont réservés aux vaches en lactation. Quelques éleveurs utilisent 30 à 190 grammes de carbonate de calcium, mais cette pratique est en voie de disparition. L'emploi des pierres à sel et, dans une moindre mesure, des oligoblocs reste encore limité. Les quantités de minéraux distribuées non raisonnées en fonction du stade de lactation couvrent largement les besoins des animaux. Il est ainsi peu probable d'observer des carences directes. En revanche, il existe un risque de carences indirectes — l'absorption de certains minéraux étant bloquée par l'excès d'un autre —, qui demanderait à être confirmé.



*Troupeau laitier
sur pâturage
de kikuyu dans
les Hauts de
l'Ouest (photo
P. Hassoun).*

Le rationnement et les performances de production laitière

L'écart entre la production laitière standard, c'est-à-dire d'un lait à 4 % de taux butyreux, observée au contrôle laitier et la production théoriquement permise par l'énergie des concentrés distribués, déduction faite des besoins d'entretien, est représenté sur la figure 52. Seules les multipares dont le stade de lactation est supérieur à 12 semaines ont été prises en compte, afin que la mobilisation des réserves corporelles survenant au début de la lactation ne vienne pas perturber le bilan. Les animaux dont le stade de lactation dépassait 52 semaines ont également été écartés.

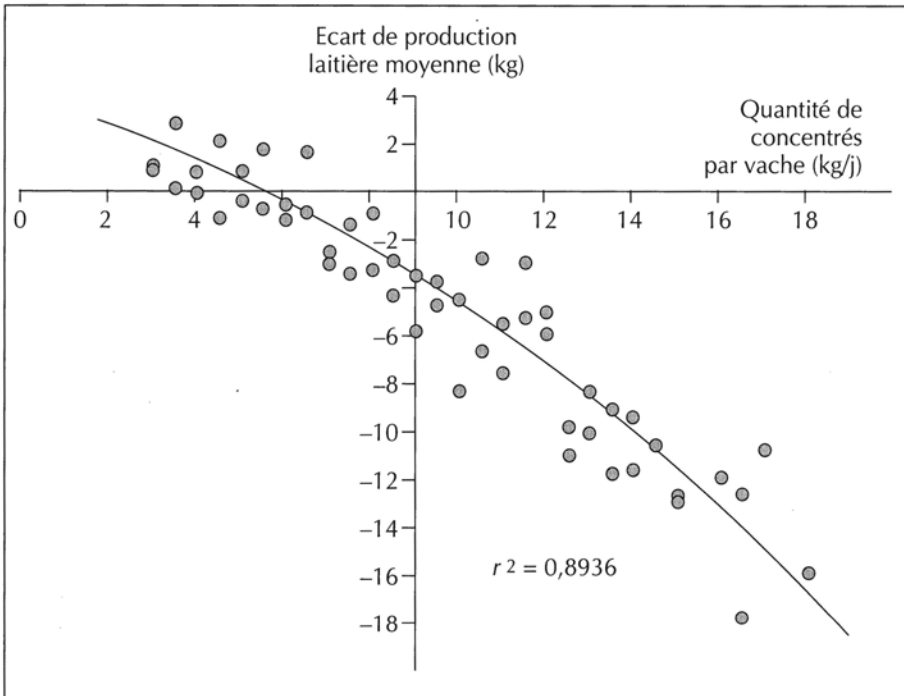


Figure 52. Ecart entre la production laitière moyenne (lait à 4 %) observée au contrôle laitier et la production théoriquement permise par l'énergie des concentrés distribués avec des fourrages tempérés ou tropicaux.

En prenant une marge d'erreur de 4 kilos de lait standard pour tenir compte de la variation de poids vif, due à la croissance et à la reprise d'état corporel (CHILLIARD *et al.*, 1987), l'efficacité d'un apport croissant de concentré diminue quelle que soit la nature du fourrage. D'après FAVERDIN *et al.* (1997), au-dessus de la satisfaction des besoins énergétiques, une partie de plus en plus importante de l'énergie disponible est fixée dans l'organisme. C'est également ce qui a été constaté dans cette étude avec cependant une forte variabilité entre les exploitations et entre les vaches. Ainsi l'excès d'énergie ingérée a pu contribuer en partie à une reprise d'état corporel. Cette diminution de l'efficacité de transformation de l'énergie des aliments concentrés est plus accentuée pour l'azote, celui-ci ne participant pas à la reprise d'état corporel.

La relation mise en évidence est modulée par le stade de lactation considéré. Avec la même marge d'erreur que ci-dessus, jusqu'au 3^e mois de lactation, l'efficacité du concentré est maximale (effet accentué par la mobilisation des réserves de l'animal). L'efficacité de conversion en lait ne diminue qu'à partir de 11-12 kilos de concentré. Entre le 5^e et le 7^e mois, elle baisse dès 8 kilos de concentré ; au-delà du 7^e mois de lactation l'efficacité de transformation diminue dès 5-6 kilos de concentré. Ces valeurs cachent des variations indivi-

duelles importantes (poids différents, pertes d'état variables, potentiel génétique variable, numéro de lactation...). Néanmoins, elles permettent de situer l'efficacité des rations et leur limites dans les conditions où les études ont été conduites. L'utilisation des aliments concentrés n'est pas bien rationalisée et leur apport en abondance peut diminuer l'ingestion des fourrages et leur digestibilité.

L'introduction de fourrages énergétiques dans les rations

Afin d'augmenter le niveau énergétique de la ration de base, le Cirad a entrepris d'introduire des fourrages de haute valeur énergétique disponibles localement : la patate douce et le maïs ensilage.

La patate douce

L'introduction de la patate douce a été testée lors d'un essai conduit en 1989 dans une petite exploitation laitière de la Plaine des Grègues (BRUNSCHWIG et FONTAINE, 1991). Cet essai n'a pas permis de conclure quant à l'effet de la patate douce sur la production laitière malgré une production laitière légèrement améliorée. En effet, le bénéfice obtenu ne pouvait être entièrement imputable au tubercule, du fait de l'utilisation concomitante de maïs sous forme de plante entière et de canne à sucre et de l'augmentation du niveau énergétique global de la ration. Malgré un essai conduit en 1991 par l'Ede (FONTAINE et SENDEL, 1991), le développement de variétés adaptées pour les Hauts et l'adaptation d'une machine pour la récolte (voir le chapitre « Le comportement des espèces fourragères »), la patate douce n'a pas connu de développement notable en alimentation des ruminants.

Le maïs ensilage

Les premiers essais conduits par le Cirad ne permettent pas de dégager de variétés suffisamment bien adaptées aux conditions pédoclimatiques de l'île (BRUNSCHWIG, 1991e ; MANDRET et BIGOT, 1992). Récemment, le Cirad a renforcé ses recherches sur la sélection de cultivars performants, adaptés aux principales zones agroclimatiques de l'île et sur différents aspects des techniques de culture (DINTINGER *et al.*, 1997 ; voir le chapitre « Le comportement des espèces fourragères »). En dehors d'un essai conduit au lycée agricole de Saint-Joseph, les suivis zootechniques n'ont débuté qu'en 1992 (DESVALS, 1992) et surtout en 1995 (HASSOUN et LATCHIMY, 1995) ; ils se poursuivent actuellement.

Les surfaces consacrées à cette culture sont relativement modestes par rapport à la taille des troupeaux. Aussi est-il important d'évaluer l'impact et l'intérêt de



Introduction de l'ensilage de maïs dans les rations des vaches laitières à la Plaine des Cafres (photo P. Hassoun).

l'introduction de ce fourrage dans les rations des vaches laitières lorsqu'il est utilisé en quantité limitée et pour une courte période.

Dans les élevages laitiers suivis, les quantités distribuées n'ont jamais dépassé 4,5 kilos de matière sèche par jour et par vache — sauf dans un cas où elles ont atteint 6 kilos de matière sèche —, en complément d'autres ressources fourragères comme l'ensilage et le pâturage. Dans ces conditions et compte tenu des fortes quantités d'aliment concentré utilisées (supérieures à 9-10 kilos), l'impact de l'ensilage de maïs en terme d'amélioration de la production laitière reste modeste, voire nul.

Cependant, l'utilisation du maïs comme fourrage complémentaire pour combler un déficit fourrager plus ou moins prononcé, associé à une période de vêlages groupés, a permis de maintenir la production laitière pendant deux à trois mois, selon la situation. Ce phénomène a été particulièrement net dans un troupeau conduit sur pâturage tournant de kikuyu. Sur huit vaches multipares, d'un stade de lactation moyen de 12 semaines et suivies par le contrôle laitier, le taux de persistance est de 81,5 % avant ou après l'introduction de l'ensilage de maïs contre 90 % pendant l'utilisation de l'ensilage.

Les conditions actuelles de culture du maïs pour l'ensilage ne permettent guère d'augmenter significativement les quantités distribuées. En effet, avec un rendement moyen de 12 tonnes de matière sèche par hectare et une surface cultivée de 1,5 hectare par exploitation, l'ensilage de maïs permet d'alimenter 30 vaches laitières pendant trois mois à raison de 6 kilos de matière sèche par jour, ce qui semble constituer dans les conditions actuelles un plafond. Le maïs reste un fourrage très intéressant compte tenu de sa productivité et de sa haute valeur énergétique. Par ailleurs, sa culture n'immobilise la parcelle que pendant quatre mois au maximum ce qui autorise une production d'herbe complémentaire.

Dans ces conditions, l'ensilage de maïs pourrait être réservé aux animaux dont les besoins sont les plus élevés. Il faut impérativement tenir compte de son introduction dans la ration (réduction des concentrés) pour qu'il soit bien valorisé

La qualité des ensilages réalisés est correcte compte tenu du matériel disponible. Un soin accru doit encore être apporté à la finesse de hachage, encore trop grossier, à la fermeture des silos, à leur protection et à leur utilisation. Des progrès ont déjà été réalisés, mais ils doivent être confortés par des résultats zootechniques fiables et exploitables. Le maïs, bien que sa culture soit plus délicate que celle de l'herbe, offre l'avantage de bien s'ensiler, d'être productif et de garantir un apport énergétique élevé et moins variable que l'herbe.

Une synthèse sur l'ensemble des travaux agronomiques et zootechniques conduits sur ce sujet est en cours. Elle permettra de mieux cerner les contraintes et d'orienter les actions de développement futures.

Conclusion

Philippe Hassoun, Jean-Marie Paillat

Depuis plus de dix ans, le Cirad mène des recherches sur l'utilisation et la valorisation des ressources alimentaires par les bovins à la Réunion. Ces recherches avaient pour objectifs de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes d'élevage et des systèmes fourragers et de mieux valoriser les fourrages. Elles visaient à proposer des solutions qui permettent aux éleveurs et à leurs organisations professionnelles de mieux alimenter les troupeaux bovins au cours des saisons.

Les travaux du Cirad sur la caractérisation du fonctionnement des systèmes d'élevage mettent en évidence une grande diversité de situations liée aux contextes agroclimatiques et aux disponibilités foncières des exploitations. Les données recueillies dans les élevages sont en cours de structuration en ce qui concerne les suivis zootechniques et les suivis d'utilisation des ressources fourragères. A partir de ces travaux et à condition d'y adjoindre une approche économique pouvant elle-même engendrer d'autres données sur les élevages, il paraît envisageable de modéliser le fonctionnement technico-économique des exploitations d'élevage, notamment des élevages laitiers. Les typologies préalablement constituées peuvent permettre de construire ces modèles. Ce travail de modélisation pourrait, à terme, déboucher sur une aide à la décision pour les organisations professionnelles pour le choix des systèmes de production ou pour l'évaluation préalable d'une politique de développement de la filière.

En ce qui concerne les réserves fourragères sous forme d'ensilage, les dix années de recherche et d'expérimentation menées avec les éleveurs, l'Union des Afp et la Sicalait ont abouti à une connaissance satisfaisante des limites des techniques d'ensilage et des conditions dans lesquelles elles peuvent être optimisées. Bien que d'autres travaux puissent être entrepris sur les processus fermentaires des ensilages en milieu tropical, il paraît raisonnable de penser que les références acquises à la Réunion sont suffisantes pour guider les actions de développement dans les prochaines années. Un effort de vulgarisation reste cependant nécessaire afin de tirer pleinement profit de cette connaissance maintenant partagée avec quelques éleveurs et techniciens d'encadrement. Un travail conjoint entre les organismes de développement, principalement l'Ede, la Sicalait et l'Union des Afp, et le Cirad devrait être réalisé pour concevoir des supports pédagogiques (fiches, documents synthétiques) et pour organiser des journées techniques à l'intention des éleveurs utilisateurs d'ensilage. Compte tenu du diagnostic réalisé sur la qualité trop souvent médiocre des ensilages, bien que la technique des balles enrubannées ait permis une amélioration, des progrès importants dans la réalisation et l'utilisation de ce type de produit sont à retirer de ce travail en commun.

Par ailleurs, l'accroissement de la taille du cheptel bovin laitier et les surfaces fourragères limitées ont amené les professionnels de la filière à mobiliser d'autres ressources fourragères, dont le foin et la paille de canne. Le foin de chloris produit dans les Bas ne permet pas à lui seul de couvrir les besoins en matière sèche des exploitations laitières. Son coût élevé et sa valeur nutritive irrégulière conduisent les éleveurs à l'utiliser comme complément de la ration — l'apport de fibres longues et de matière sèche améliore la qualité des rations. Les pailles de canne à sucre, dont la demande ne cesse de croître, jouent le rôle de fourrage de secours pour la période de déficit fourrager. Les recherches conduites par le Cirad-Elevage ont permis de préciser les modalités de séchage, de conditionnement et de stockage des pailles. D'autre part, les opérations de traitement à l'ammoniac et les conditions d'utilisation dans les rations d'animaux en croissance définies grâce aux travaux du Cirad-Elevage permettent d'envisager une utilisation plus diversifiée de ces résidus de récolte. Certains aspects liés à la complémentation de ce type de fourrage restent à améliorer, mais déjà des opérations de vulgarisation pourraient être mises en place avec les organismes du développement. Dans un contexte où les éleveurs devront élever tout ou partie de leurs génisses de renouvellement, les pailles de canne, brutes ou traitées, judicieusement complémentées pourraient, sur une période plus ou moins longue, jouer le rôle de fourrage principal pour ces animaux, ce qui permettrait de réserver les fourrages produits sur l'exploitation pour les vaches laitières.

Les systèmes de rationnement des troupeaux laitiers font appel à des quantités limitées de fourrage et à des quantités importantes d'aliment concentré pour couvrir les besoins des animaux. Ce système entraîne une moins bonne valorisation des différents éléments de la ration. Un rationnement mieux adapté aux

situations fourragères variées des exploitations doit permettre aux éleveurs de mieux rentabiliser leur travail et leurs outils de production, mais aussi de gagner en souplesse de réaction vis-à-vis de nouvelles contraintes économiques et réglementaires (qualité du lait, fluctuation des prix et des subventions, gestion des effluents...). Les travaux conduits par le Cirad dans le domaine de l'alimentation et de la production laitière en général peuvent, dans un proche avenir avec la collaboration de tous les partenaires du développement, apporter des solutions techniques et des bases solides pour une réflexion prospective sur l'évolution des systèmes de production. L'orientation des programmes de recherche du Cirad, qui prennent en compte les contraintes techniques, environnementales, économiques et sociales, permettra d'élaborer des outils d'aide à la décision pour des situations nouvelles.

L'important travail réalisé par l'ensemble des organismes intervenant dans le domaine de l'élevage et les efforts considérables que réalisent les éleveurs pour maintenir leur outil de production doivent être valorisés tant sur le plan local que sur le plan régional. La démarche déjà amorcée par la filière du lait et par l'ensemble des éleveurs pour des produits de qualité — cible des nouvelles réglementations —, respectueux de l'environnement, doit être reconnue et valorisée pour que le développement des Hauts, et de l'île en général, se poursuive au bénéfice de tous.

Performances
zootechniques
et sanitaires

Les options retenues depuis plusieurs années par les filières de production animale — Sicalait, Sicarevia et Sedael — montrent qu'elles ont recherché une forte augmentation de la productivité des exploitations (amélioration génétique, augmentation des effectifs, spécialisation des ateliers, apports extérieurs de fourrages secs et de concentrés, insémination artificielle, chaîne du froid, amélioration de la qualité...), cela en vue d'aboutir à une optimisation des moyens de production et à une consolidation du revenu des exploitants. Dans un tel contexte d'intensification et de professionnalisation de l'activité des éleveurs, les changements rapides des conditions d'élevage constituent à la fois un enjeu et un atout pour le Cirad-Elevage.

Depuis deux décennies, des recherches d'accompagnement ont été menées sur des thématiques variées, multidisciplinaires et complémentaires. Elles ciblent à la fois la ressource alimentaire et l'animal, et ce, en partenariat étroit et continu avec les filières, les institutions d'encadrement, de formation et de financement et les différents intervenants dans les exploitations — Conseil régional, Chambre d'agriculture-Ede, Aribev, Union des Afp, Gie-cervidés, lycée d'enseignement professionnel agricole et horticole, Direction des services vétérinaires, Groupement régional de défense sanitaire du bétail à la Réunion (Grdsbr), Groupement technique vétérinaire, vétérinaires praticiens... Les actions portant sur la gestion des surfaces fourragères, l'amélioration de l'utilisation des pâtures, le conditionnement, la conservation, le stockage et la valorisation des fourrages et des sous-produits agricoles ont été présentées dans les chapitres précédents.

Les recherches menées sur l'animal, qui font l'objet de cette dernière partie, ont été discutées avec l'ensemble des partenaires précédemment évoqués au sein d'un groupe de pilotage. Elles s'articulent principalement autour de deux axes, l'un zootechnique, l'autre sanitaire. Les principaux thèmes abordés au cours de ces quinze années sont l'infertilité des troupeaux laitiers, la croissance en élevage allaitant et la lutte contre les principales contraintes sanitaires observées en élevage intensif (pathologie respiratoire en ateliers d'engraissement, hémoparasitoses, parasitisme digestif).

L'infertilité est reconnue par les éleveurs comme l'une des contraintes majeures de la productivité des exploitations laitières. Les marges de progression sont importantes et justifient la mise en place par le Cirad-Elevage et l'Ede, en 1989, d'un suivi des performances de reproduction (MANDRET *et al.*, 1992). L'informatisation progressive de la collecte des données a permis d'étendre cette collecte à l'ensemble des zones productrices de l'île et d'encadrer près de 70 troupeaux laitiers. Un bilan des résultats obtenus entre 1989 et 1996 est dressé.

Ce bilan est suivi d'une synthèse sur les performances zootechniques observées dans les élevages allaitants et dans les ateliers d'engraissement. Les performances de reproduction et la croissance des animaux ont été étudiées prin-

cipalement à partir de données enregistrées en continu, sur plusieurs années, par la Sedaël. Pour compléter l'important travail de suivi des performances de croissance mené par l'Ede entre 1974 et 1980 (GILIBERT, 1976), des essais ponctuels d'évaluation de l'efficacité zootechnique de différents aliments — canne fourragère, choux de canne, ensilage de maïs — ont été réalisés par le Cirad-Elevage au lycée d'enseignement professionnel agricole et horticole et chez un éleveur de la zone de Saint-Joseph. Récemment, une étude du comportement alimentaire des bovins allaitants au pâturage a permis de compléter ces différents éléments.

Enfin, les résultats des recherches portant sur les contraintes sanitaires, en particulier ceux du suivi épidémiologique, sont présentés. Une étude sur l'étiologie virale des broncho-pneumopathies des jeunes bovins à l'engrais a été menée en 1995. Elle a débouché sur la vaccination généralisée des animaux à l'arrivée au centre d'allotement. Une analyse des données recueillies dans le cadre du programme d'éradication des babésioses et de l'anaplasmose à la Réunion, mis en œuvre par le Grdsbr, a permis de préciser la situation épidémiologique initiale des principales maladies vectorielles transmises par les tiques et par les insectes piqueurs et son évolution sur quatre années. Enfin, un suivi du parasitisme digestif a été effectué dans les élevages allaitants et laitiers en 1995.

Les performances de reproduction en élevage laitier

Emmanuel Tillard, Frédéric Lanot,
Charles-Emile Bigot, Serge Nabeneza, Jean Pelot

Le suivi des performances de reproduction mis en place par le Cirad, l'Ede, le Groupement technique vétérinaire et le Syndicat des vétérinaires praticiens depuis 1988 dans les élevages laitiers de la Réunion a permis d'établir un référentiel sur la reproduction des vaches laitières. L'outil de suivi informatique est opérationnel depuis 1994. La collecte des données et la restitution des informations à l'éleveur sont décrits. Plusieurs méthodes modernes de diagnostic de gestation, telles l'échographie et les protéines embryonnaires PSG60 ou PSPB, se sont révélées fiables et ont donné des résultats similaires. Les performances de reproduction enregistrées entre 1993 et 1996 dans 50 troupeaux sont moyennes et très variables. Les différences les plus marquantes s'observent entre les inséminations artificielles et les saillies naturelles, avec un taux de réussite, tous rangs confondus, de 40,4 %, pour les premières, et de 60,4 %, pour les secondes, et entre les génisses et les vaches laitières, avec un taux de réussite de l'insémination première de 57,9 %, pour les génisses, et de 40 %, pour les vaches laitières. Les génisses importées subissent une période de stress d'adaptation et présentent une fertilité en première lactation inférieure à celle des génisses nées à la Réunion. Les différences de performances entre troupeaux sont importantes et la majorité d'entre eux est touchée par l'infertilité. Aucune différence entre races et entre zones n'est détectée. L'effet de la saison est peu marqué et se manifeste par une chute de réussite en saison pluvieuse. Les causes de l'infertilité sont nombreuses. Les métrites, les mammites et les atteintes locomotrices ont de graves répercussions sur la fertilité. L'impact des infections de fièvre Q et de la chlamydie sur la fertilité des troupeaux reste néanmoins limité. Un déficit énergétique prolongé au-delà du 4^e mois de lactation se traduit également par des performances réduites : moindre réussite de l'insémination première, fécondation plus tardive. Enfin, plus de 60 % des animaux sont inséminés pour la pre-

mière fois après 60 jours post-partum et plus d'une chaleur sur deux n'est pas décelée. La maîtrise de la détection des chaleurs par l'éleveur constitue donc également un facteur de risque potentiel d'infertilité.

Un suivi des performances de reproduction a été mis en place par le Cirad-Elevage depuis 1988 dans les élevages laitiers de la Réunion (LANOT et BIGOT, 1996). Conçu dès le départ comme un outil de recherche et de développement, il avait pour objectifs d'établir un référentiel sur la reproduction des vaches laitières dans le milieu tropical d'altitude de l'île et d'améliorer la fécondité par la vulgarisation des moyens modernes de diagnostic de la gestation et de maîtrise du cycle ovarien (induction chimique et synchronisation des chaleurs). Après une période de trois ans, de 1988 à 1991, consacrée à la validation des méthodes, le Cirad-Elevage a transmis la maîtrise d'œuvre du suivi à l'Ede, dans le cadre d'une collaboration plus large entre le Cirad, l'Ede, le Syndicat des vétérinaires praticiens et le Groupement technique vétérinaire. En 1997, le suivi portait sur 75 exploitations laitières, soit plus de la moitié des adhérents de la filière. Le suivi a servi de base pour tester et comparer en milieu réel différentes méthodes modernes de diagnostic de gestation telles l'échographie ou le dosage de la protéine embryonnaire PSPB.

Le suivi de la reproduction : les outils

La collecte et l'enregistrement des données de reproduction

Comme tout suivi en exploitation, l'éleveur reste l'élément central et déterminant pour l'acquisition quotidienne de l'information. Tous les événements observés sur les animaux (chaleurs, maladies...) et toutes les interventions qu'ils subissent (inséminations, traitements de maîtrise des cycles, soins...) sont d'abord consignés manuellement par l'éleveur lui-même sur les différents supports « papier » (plannings linéaires, agendas journaliers, fiches individuelles...) qu'il utilise tous les jours pour la gestion de son troupeau. Elles sont ensuite reprises par l'agent chargé du suivi à l'occasion de chacune de ses visites bimensuelles (figure 53).

Jusqu'en 1993, ces données ont fait l'objet d'une transcription manuscrite sur un planning annuel d'exploitation. Ce type d'enregistrement garantissait la fiabilité des informations en permettant notamment un contrôle visuel immédiat des cohérences d'intervalle (durées de gestation...), mais cela au prix d'une grande lourdeur de saisie et d'une lenteur d'accès à l'information, qui rendait difficiles les analyses statistiques. Depuis cette date, les données sont enregistrées sur le terrain à l'aide d'un micro-ordinateur portable, puis validées et organisées à l'aide d'un logiciel gestionnaire de bases de données relationnelles conçu par le Cirad et compatible avec les fichiers informatiques de l'Ede.

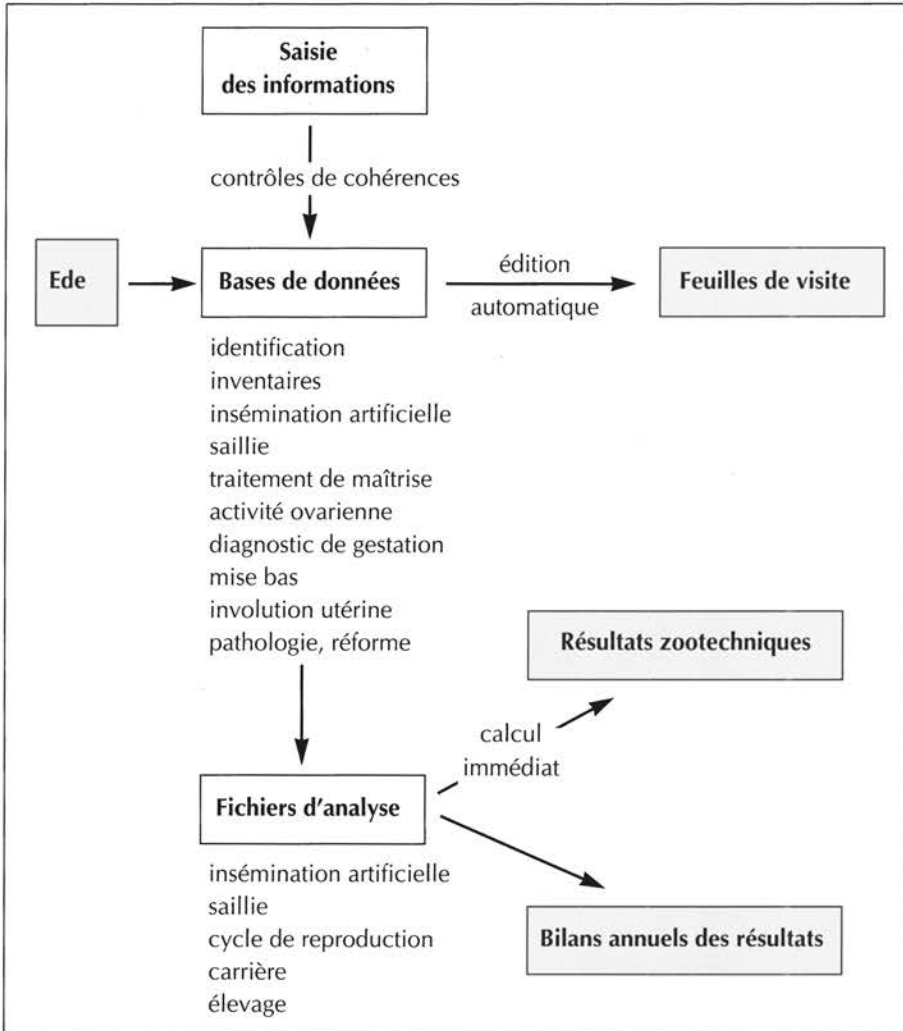


Figure 53. Suivi de la reproduction.

A l'occasion de chaque visite, une mise à jour est effectuée sur les données concernant la reproduction et la pathologie recueillies depuis la dernière visite. Chaque saisie est assortie d'un contrôle de cohérence minimal, immédiat et automatisé. Cette mise à jour permet d'éditer une feuille de visite actualisée sur laquelle figurent, pour chaque animal, la date du dernier vêlage, la date de la dernière insémination, l'intervalle entre le dernier vêlage et la dernière insémination, l'intervalle entre chacun de ces événements et la date du jour de passage, la liste de l'ensemble des événements survenus depuis le dernier vêlage et les résultats des diagnostics de gestation successifs. Les intervalles calculés sont utilisés pour repérer les animaux présentant des troubles

de la reproduction (anœstrus post-partum, avortement) et les animaux devant faire l'objet d'un constat de gestation (échographie ou palpation transrectale à partir de 40-60 jours après une insémination) ou d'un contrôle d'involution utérine. Les diagnostics de gestation et les contrôles d'involution et de cyclicité réalisés par l'agent sont ensuite immédiatement portés sur cette fiche.

La restitution de l'information

Une fois l'intervention de l'agent sur les animaux achevée, une seconde mise à jour est effectuée à partir des nouvelles informations recueillies et immédiatement saisies. Un module permet alors de calculer automatiquement, par période mobile de six mois (figure 54) et pour l'année écoulée, les 7 paramètres de fécondité pour le troupeau : taux de réussite de l'insémination artificielle, intervalle vêlage-insémination première, vêlage-insémination fécondante, vêlage-vêlage, intervalle entre interventions successives, numéro moyen de l'insémination fécondante, proportion de vaches nécessitant au moins trois inséminations pour être fécondées (SEEGERS et MALHER, 1996).

L'évolution mensuelle des paramètres de fécondité est calculée sur les 14 derniers mois et discutée avec l'éleveur. Grâce à ce système d'alerte, l'éleveur peut suivre en continu le résultat de son travail et adapter rapidement la gestion de la reproduction de son troupeau. De plus, les données zootechniques et sanitaires individuelles sont immédiatement accessibles à tous les intervenants (vétérinaires, inséminateurs, techniciens...) pour rechercher les causes d'un éventuel dysfonctionnement de la reproduction. Le suivi doit être considéré à ce titre comme un outil de développement et un élément de motivation permanent.

Cette base de données est essentiellement axée sur la reproduction. Néanmoins, les informations recueillies dans les troupeaux par différents intervenants peuvent être centralisées et interconnectées, pour constituer un outil de recherche pluridisciplinaire sur les élevages laitiers de la Réunion. Certaines données comme les vêlages ou les inséminations artificielles sont également collectées et stockées sur fichiers informatiques par l'Ede à partir des bulletins d'inséminations et des déclarations obligatoires de naissance. Elles peuvent être directement importées dans la base pour la compléter ou valider l'information déjà présente. La saisie des données et l'édition automatique des fiches chez l'éleveur permettent de détecter plus efficacement les données manquantes ou erronées. Tous ces éléments contribuent à assurer une fiabilité maximale des informations et une restitution des résultats en temps réel. L'outil informatique est actuellement en cours de modernisation. La nouvelle version reprend l'organisation des données antérieures, en les complétant par de nombreuses autres informations zootechniques ou sanitaires collectées dans le cadre de la mise en place d'une étude plus globale des facteurs de risque d'infertilité en élevage laitier : dosages hormonaux, analyses biochimiques,

CIRAD Eleveur	EDE M. X	Suivi de reproduction	GTV N° Cheptel	SVRU 98000000
Période		taux de réussite en insémination Objectif : plus de 45 %		
du 01/08/1994 au 31/10/1995		58%	24 IA	
du 01/09/1994 au 28/02/1995		62 %	26 IA	
du 01/10/1994 au 31/03/1995		61 %	23 IA	
du 01/11/1994 au 30/04/1995		52 %	25 IA	
du 01/12/1994 au 31/05/1995		48 %	29 IA	
du 01/01/1995 au 30/06/1995		41 %	29 IA	
du 01/02/1995 au 31/07/1995		52 %	27 IA	
du 01/03/1995 au 31/08/1995		48 %	27 IA	
du 01/04/1995 au 30/09/1995		44 %	32 IA	
du 01/05/1995 au 31/10/1995		47 %	32 IA	
du 01/06/1995 au 30/11/1995		48 %	29 IA	
du 01/07/1995 au 31/12/1995		47 %	32 IA	
du 01/06/1995 au 31/01/1996		39 %	33 IA	
du 01/09/1995 au 29/02/1996		42 %	31 IA	
du 01/03/1995 au 29/02/1996		45 %	58 IA	

CIRAD Eleveur	EDE M. X	Suivi de reproduction	GTV N° Cheptel	SVRU 98000000
Période		intervalle mise bas - fécondation Objectif : 100 jours (IVV 380 j)		
du 01/08/1994 au 31/10/1995		90 (IVV prévu 370)	7 fécondations	
du 01/09/1994 au 28/02/1995		95 (IVV prévu 375)	8 fécondations	
du 01/10/1994 au 31/03/1995		97 (IVV prévu 377)	10 fécondations	
du 01/11/1994 au 30/04/1995		86 (IVV prévu 366)	10 fécondations	
du 01/12/1994 au 31/05/1995		87 (IVV prévu 367)	11 fécondations	
du 01/01/1995 au 30/06/1995		98 (IVV prévu 378)	9 fécondations	
du 01/02/1995 au 31/07/1995		106 (IVV prévu 386)	12 fécondations	
du 01/03/1995 au 31/08/1995		103 (IVV prévu 383)	12 fécondations	
du 01/04/1995 au 30/09/1995		113 (IVV prévu 393)	13 fécondations	
du 01/05/1995 au 31/10/1995		119 (IVV prévu 399)	14 fécondations	
du 01/06/1995 au 30/11/1995		125 (IVV prévu 405)	13 fécondations	
du 01/07/1995 au 31/12/1995		120 (IVV prévu 400)	14 fécondations	
du 01/06/1995 au 31/01/1996		109 (IVV prévu 389)	13 fécondations	
du 01/09/1995 au 29/02/1996		112 (IVV prévu 392)	12 fécondations	
du 01/03/1995 au 29/02/1996		107 (IVV prévu 387)	24 fécondations	

Figure 54. Ecrans de sortie du logiciel pour le taux de réussite de l'insémination artificielle et l'intervalle vêlage-insémination fécondante.

sérologiques et parasitologiques, notations d'état corporel, productions laitières, concentrations cellulaires, pesées, enquêtes sur les pratiques d'alimentation, de gestion des pâturages, de gestion de la reproduction, analyses fourragères... Cet outil offrira de nouvelles fonctionnalités. Il permettra une saisie sur site facilitée, une utilisation en postes délocalisés (multi-utilisateurs) avec une mise à jour automatisée et une restitution de bilans d'informations plus clairs, en particulier sous forme graphique et ce, dans plusieurs domaines (reproduction, pathologie, état corporel, biochimie, production laitière).

Le suivi de fécondité a fait l'objet d'une adhésion très large des éleveurs laitiers. L'outil informatique mis au point par le Cirad est opérationnel à l'échelle du département depuis 1994 et permet une restitution régulière de bilans à l'éleveur, lui donnant ainsi la possibilité de gérer la reproduction de son troupeau en temps réel. La Réunion se retrouve ainsi en tête des départements français en matière de suivi des performances de reproduction en élevage bovin. En métropole, le suivi de fécondité est rarement aussi largement diffusé. Certains suivis utilisent des kits de fécondité. Ces kits reposent sur la tenue dans l'élevage d'un planning manuel des événements de reproduction, des quantités de lait produites et des régimes alimentaires (VALLET *et al.*, 1995 ; COSSON, 1998 ; ENNUYER, 1998). Ils permettent d'établir « à la main » un bilan des performances de reproduction, mais au prix de calculs fastidieux qui n'incitent pas à établir des bilans fréquemment. Aucune validation des données ne peut en outre être effectuée automatiquement. Des logiciels de suivi de la reproduction sont apparus depuis quelques années. Ils sont pour la plupart intégrés à des outils de gestion globale de l'élevage (MIALOT et LEROY, 1993) et peuvent suffire dans un premier temps. Beaucoup d'entre eux sont aujourd'hui dépassés sur le plan informatique et ne font plus l'objet d'une maintenance. Enfin, seuls quelques-uns offrent la souplesse d'utilisation de l'outil utilisé à la Réunion, en particulier sa portabilité (SEEGERS et BILLON, 1987 ; BIGRAS-POULIN *et al.*, 1991 ; LAUENT, 1997).

L'aide au diagnostic de la gestation

L'échographie, le dosage de la PSG60 et de la PSPB sont les trois méthodes de diagnostic de gestation qui ont été testées par le Cirad-Elevage. La fiabilité, positive ou négative, de ces méthodes est leur aptitude à détecter les femelles gestantes ou non. Elle est évaluée par la proportion d'animaux gestants ou non gestants que le diagnostic est parvenu à détecter parmi la totalité des animaux réellement gestants ou non gestants, respectivement.

Une étude menée à la Sedaël sur des vaches allaitantes a montré que la palpation transrectale ne présente pas une fiabilité supérieure à 70 % à moins de 50 jours de gestation, même pour des opérateurs très expérimentés (LANOT, 1994). Dans ces conditions, il est intéressant de tester l'échographie bidimensionnelle comme moyen de diagnostic de gestation complémentaire

en usage de routine dans le cadre du suivi de la fécondité en exploitation. Sa fiabilité à 40 jours de gestation a été estimée sur les vaches allaitantes ou laitières à 95 %.

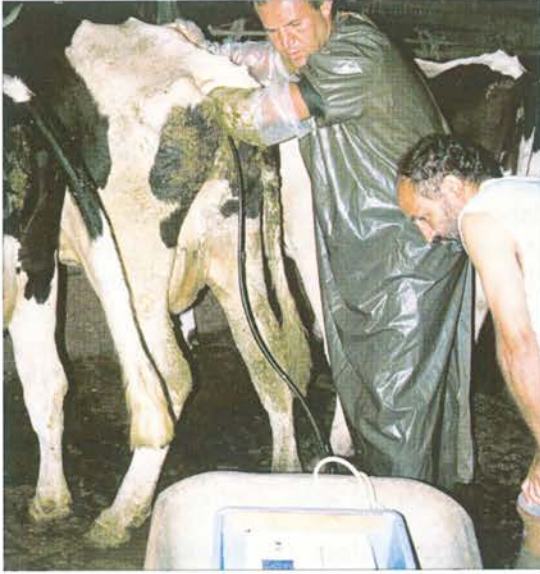
Un travail important a également été réalisé sur les diagnostics de gestation par dosage plasmatique de la PSG60 (MARTIN, 1992), en collaboration avec l'unité d'endocrinologie de l'embryon de l'Inra de Jouy-en-Josas, et par dosage de la PSPB, en collaboration avec le laboratoire de l'Union nationale des coopératives d'insémination artificielle (Unceia). La PSPB est un complexe protéique sécrété par les cellules binuclées du trophoblaste embryonnaire (partie embryonnaire du placenta). Elle est constituée de 5 protéines parmi lesquelles on retrouve la PSG60. Ses propriétés sont donc très proches de celles de la PSG60 (HUMBLOT *et al.*, 1998). La sécrétion de la PSPB ou de la PSG60 est détectable par dosage radio-immunologique dès le 27^e jour de gestation, et s'accroît régulièrement jusqu'au vêlage, pour ensuite diminuer progressivement jusqu'à devenir indétectable vers le 100^e jour post-partum (MIALON *et al.*, 1993).

Plus de 2 000 dosages de la PSG60 ont été réalisés à la Réunion, à la fois en élevage laitier et allaitant. Sur les dosages réalisés après le 100^e jour post-partum (délai nécessaire pour que la concentration résiduelle de PSG60 due au vêlage précédent devienne indétectable) et au-delà du 30^e jour de gestation, la fiabilité positive est estimée à 99,5 % et la fiabilité négative à 70 %. La PSG60 possède donc une forte aptitude à détecter précocement l'état de gestation, supérieure à celle de l'échographie (95 %). Sa grande souplesse d'utilisation est particulièrement intéressante en troupeaux allaitants conduits en monte naturelle du fait de l'incertitude de la date de fécondation.

La fiabilité négative de la PSG60 est nettement inférieure et traduit en partie l'existence d'un taux de mortalité embryonnaire élevé (20 %). Néanmoins, son aptitude à détecter les femelles non gestantes après le 30^e jour de gestation est supérieure à celle de la progestérone dosée entre 21 et 23 jours (58 %) (HUMBLOT, 1991). Les résultats ont permis d'établir que le taux de mortalité embryonnaire est plus élevé chez les vaches allaitantes que chez les vaches laitières. Il est cependant difficile de conclure à un effet de la race, tant les modes de conduite et, indirectement, les modalités de prélèvement diffèrent.

Des dosages de PSPB sont également effectués depuis octobre 1997 chez des vaches laitières entre 30 et 45 jours suivant une insémination, dans le cadre d'une étude des facteurs de risque d'infertilité. Les fiabilités positive et négative mesurées sur les premiers résultats sont très proches de celles de la PSG60 : 100 % et 68 %, respectivement.

L'échographie et les dosages de protéines embryonnaires ont des fiabilités élevées, très proches l'une de l'autre. En ce qui concerne leur utilisation sur le terrain, l'échographie garde l'avantage de donner un résultat immédiat. Les protéines PSG60 et PSPB sont quant à elles indispensables pour mettre en évidence avec certitude les cas de mortalité embryonnaire.



*Echographie en élevage laitier
(photo E. Tillard).*

Le suivi de la reproduction : les facteurs de variation

Les éléments présentés complètent un bilan des performances de reproduction en élevage laitier obtenu entre 1989 et 1994 et déjà établi par LANOT et BIGOT (1996).

Après avoir éliminé les données incomplètes ou aberrantes (date de naissance inconnue, intervalle entre deux interventions successives inférieur à dix jours, intervention sur femelle gestante...), on dispose sur la période 1993-1996, dans 50 élevages suivis, de 8 562 inséminations dont 4 028 inséminations premières, 1 385 saillies naturelles, 4 088 cycles de reproduction, donnant autant d'intervalles vêlage-insémination première et 3 569 intervalles vêlage-insémination fécondante. L'étiologie de l'infertilité est en général complexe, de type multifactoriel, et potentiellement variable d'un élevage à un autre. Les facteurs de variation sont nombreux.

Les facteurs de variation étudiés

LES ZONES

En 1996, cinq zones ont été définies (figure 55) : la Plaine des Cafres, la Plaine des Palmistes, les Hauts de l'Ouest, Saint-Joseph est (Jean-Petit, Grand-Coude et la Crête) et Saint-Joseph ouest (les Lianes, la Plaine des Grègues et les Bas de Saint-Joseph).

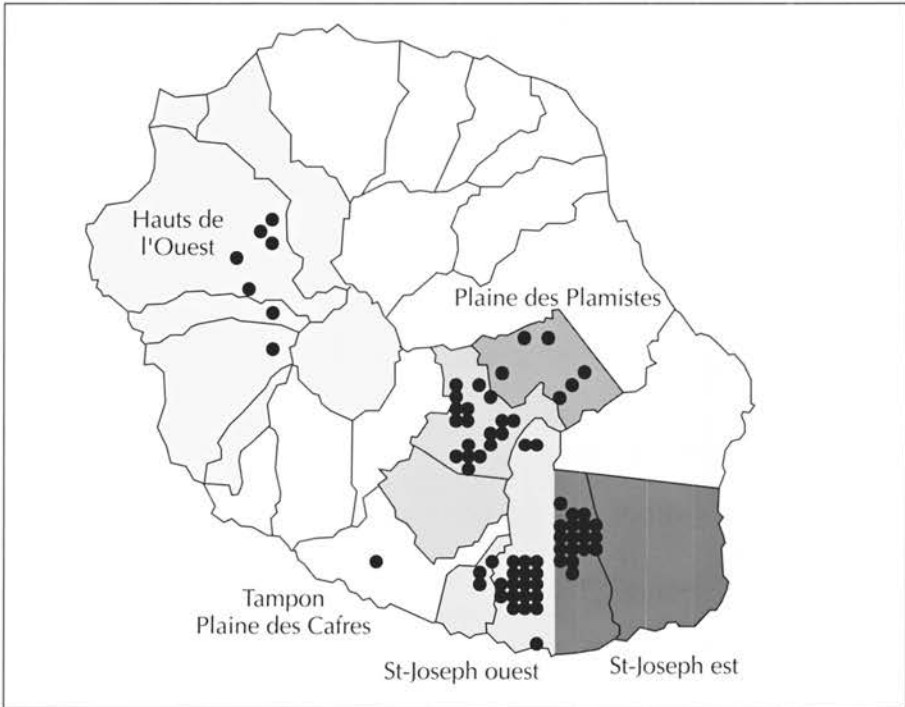


Figure 55. Répartition des élevages laitiers suivis.

Tableau 39. Nombre d'éleveurs suivis par zone au 1^{er} janvier de l'année indiquée.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Hauts de l'Ouest	–	–	–	–	3	7	7	7
Plaines des Cafres	1	1	1	2	11	16	16	17
Plaines des Palmistes	–	–	–	–	4	6	6	6
Saint-Joseph est	12	14	16	16	17	18	19	20
Saint-Joseph ouest	12	13	14	14	15	16	17	20
Total	25	28	31	32	50	63	65	70

L'ANNÉE

Le recrutement des éleveurs suivis ne s'est pas fait en une seule fois (tableau 39). On ne dispose d'éléments pour toutes les zones qu'à partir de 1993 et l'effectif des éleveurs suivis n'est stable qu'à partir de 1994. Il est pourtant nécessaire d'évaluer les performances de reproduction sur plusieurs années afin de séparer le « structurel » du « conjoncturel ». En conséquence, les comparaisons statistiques des années entre elles sont réalisées en deux temps. On compare d'abord les années 1993-1996 pour l'ensemble des zones, puis les années 1989-1996 pour les zones de Saint-Joseph.

Les critères d'infécondité retenus

Plusieurs critères sont habituellement employés pour décrire les performances de reproduction en élevage laitier (figure 56). On distingue les variables de fertilité et les variables de fécondité. La fertilité est un paramètre physiologique qui représente l'aptitude d'une femelle à être fécondée à la mise à la reproduction. Pour chaque vache, elle est mesurée par le nombre d'inséminations nécessaire pour une fécondation et, à l'échelle d'un troupeau, par le taux de réussite de l'insémination première et la proportion de vaches ayant nécessité au moins 3 interventions pour être fécondées. Le nombre d'intervention par fécondation est également utilisé, mais apparaît biaisé dans le cas de mortalités embryonnaires qui induisent plusieurs fécondations par cycle de reproduction. La fécondité représente l'aptitude d'une femelle à être fécondée dans les délais requis et se mesure par les intervalles vêlage-insémination première et par les intervalles vêlage-insémination fécondante (SEEGERS et MALHER, 1996). Ces intervalles sont généralement considérés comme des mesures optimistes et complétés par les proportions de vaches présentant un intervalle vêlage-insémination première supérieur à 60 jours et un intervalle vêlage-insémination fécondante supérieur à 110 jours. L'intervalle vêlage-vêlage n'est pas un indicateur optimal et n'a pas été utilisé. En effet, les avortements biaisent le délai entre deux vêlages à terme successifs. Cet indicateur exclut par ailleurs les génisses fécondes ou stériles et les vaches n'ayant vêlé qu'une seule fois (réformes). L'impact des troubles de la reproduction sur la fréquence des réformes est également un élément important à considérer, même s'il est délicat à évaluer en raison de la subjectivité des motifs de réforme avancés.

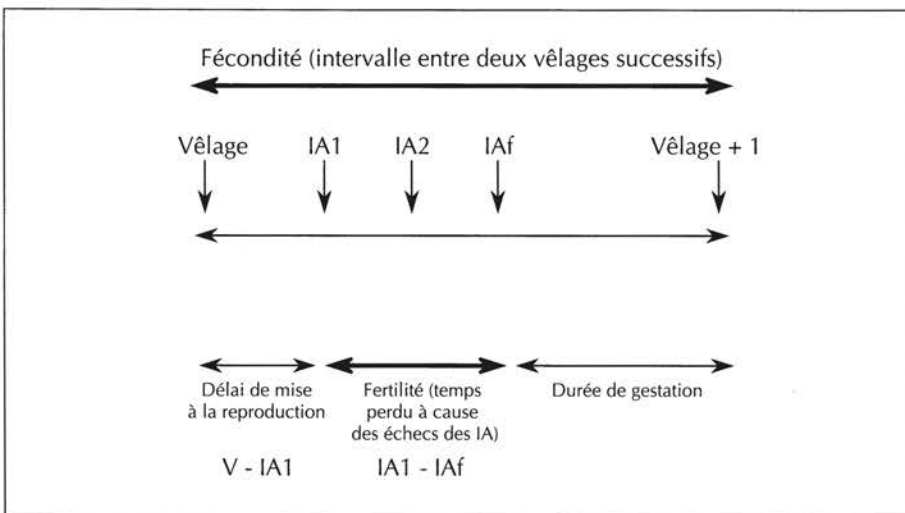


Figure 56. Notion de fertilité et de fécondité appliquée aux élevages bovins laitiers.

LA SAISON

Les écarts saisonniers de pluviométrie sont importants, de l'ordre d'un facteur 5 entre le mois le plus pluvieux, février ou mars, et le mois le plus déficitaire, septembre. On distingue donc dans la suite des analyses deux saisons, une saison sèche, de juin à novembre, et une saison humide, de décembre à mai. Le mois de l'insémination détermine l'appartenance à une saison des intervalles vêlage-insémination première et vêlage-insémination fécondante. Les zones présentent également des différences notables entre elles pour une saison donnée. En saison sèche, la zone des Hauts de l'Ouest est réellement sèche, alors que les autres conservent une pluviométrie minimale. Les variations annuelles permettent de distinguer une période relativement sèche, de 1990 à 1992, situées entre deux années très pluvieuses. Cela confirme l'intérêt de comparer les années 1989-1996 dans les zones de Saint-Joseph. Ces variations pourraient avoir un impact direct sur le volume du disponible fourrager ou sur la fréquence de certaines pathologies comme les maladies à transmission vectorielle (tiques, mouches).

LA RACE

Trois races laitières sont présentes à la Réunion : la Prim' Holstein, la Brune des Alpes et la Normande. L'effectif des Normandes est toutefois très faible. Une quatrième catégorie est constituée des animaux issus de croisements entre ces races.

L'ORIGINE

En fonction du lieu de la première mise à la reproduction de la génisse, on distingue trois catégories de femelles : les femelles importées gestantes de métropole, les femelles nées à la Réunion, élevées et mises à la reproduction à la Sicalait (ferme d'élevage des génisses) puis revendues aux éleveurs et les femelles nées à la Réunion, élevées et mises à la reproduction dans l'élevage naisseur. Ce facteur permet de prendre en compte le mode d'élevage des jeunes femelles et l'impact potentiel du stress d'adaptation en terme de croissance sur les futures performances de reproduction.

LA NATURE DE L'INTERVENTION

On distingue trois catégories d'intervention : l'insémination artificielle sur chaleurs naturelles, qui représente la grande majorité des interventions, la saillie naturelle, l'insémination artificielle sur chaleurs induites par traitement hormonal.

LE RANG DE MISE BAS

Pour le rang de mise bas, on distingue les génisses, les primipares et les multipares.

LE RANG DE L'INTERVENTION

Il est classique de distinguer dans un même cycle de reproduction l'intervention première, l'intervention seconde et les interventions ultérieures.

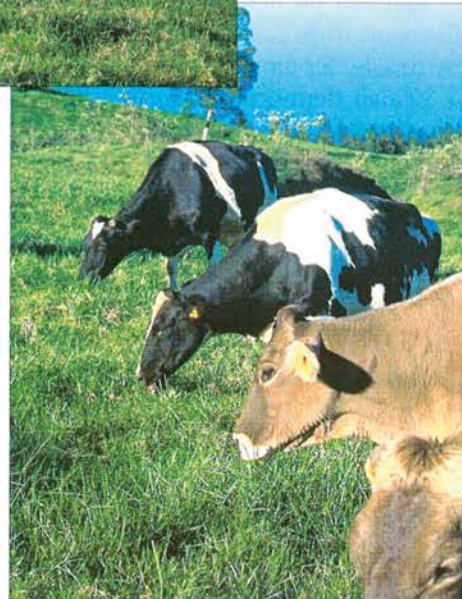
L'ÉLEVAGE

L'élevage constitue l'un des principaux facteurs de variation des performances de reproduction. Les performances individuelles de reproduction à l'intérieur d'un même troupeau sont le résultat d'un ensemble de facteurs d'élevage communs à tous les animaux. Elles ne sont pas indépendantes les unes des autres. Cette particularité est prise en compte dans toutes les analyses.

La production laitière est également un facteur de variation souvent mis en avant. Elle sera abordée dans le chapitre suivant.



Elevage laitier dans les Hauts de l'Ouest (photo E. Tillard).



Vaches de race Prim'Holstein et de race Brune des Alpes dans les Hauts de l'Ouest (photo P. Hassoun).

Les paramètres analysés

LE TAUX DE RÉUSSITE DE L'INSÉMINATION

Le taux de réussite de l'insémination correspond au nombre d'inséminations ayant conduit à une fécondation sur le nombre total d'inséminations effectuées. Une attention particulière est généralement portée aux inséminations premières.

Des analyses spécifiques sont d'abord effectuées pour identifier un éventuel effet de la race et de la nature de l'intervention. Les autres comparaisons sont ensuite réalisées à partir des inséminations artificielles sur chaleurs naturelles (SEEGERS et MALHER, 1996), les plus nombreuses. Les inséminations artificielles sur chaleurs induites présentent l'inconvénient d'être sous la dépendance d'une intervention humaine, et reflètent moins le fonctionnement physiologique réel de la reproduction chez l'animal que les décisions techniques de l'éleveur.

Des analyses distinctes sont réalisées pour les génisses et les vaches. L'âge au moment de l'intervention, pour les génisses, et le délai séparant le dernier vêlage de l'intervention, pour les vaches, sont pris en compte dans les analyses. Les inséminations réalisées à un âge supérieur à 1 500 jours, chez les génisses, et à moins de 30 jours et plus de 365 jours du vêlage, chez les vaches, ont une fiabilité considérée comme douteuse et sont éliminées de l'analyse. Chez les vaches, les résultats obtenus par LANOT et BIGOT (1996) amènent à intégrer trois interactions au modèle d'analyse de variance, l'interaction rang de vêlage-origine, l'interaction zone-saison et l'interaction rang de l'intervention-intervalle vêlage-intervention.

LES INTERVALLES ET LES VÊLAGES

Seuls les cycles de reproduction débutant par un vêlage normal et pour lesquels la première intervention se situe entre 1993 et 1996 ont été retenus pour l'étude des intervalles vêlage-intervention première et vêlage-intervention fécondante. Les intervalles vêlage-insémination première et vêlage-insémination fécondante supérieurs à 360 jours ont été également éliminés de l'analyse. Une interaction rang de vêlage-origine est également ajoutée au modèle.

L'étude particulière des avortements a impliqué le calcul d'un risque mensuel d'avortement, sur la base des vêlages ayant eu lieu de 1993 à 1996. Le risque mensuel est le rapport du nombre d'avortements enregistrés sur un mois au nombre de femelles gestantes d'au moins 3 mois au 1^{er} du mois, soit le nombre de femelles exposées au risque d'avorter, en considérant qu'aucun avortement ne passe inaperçu au-delà de 3 mois de gestation (LANOT et BIGOT, 1996).

Les analyses des taux de réussite sont effectuées par régression logistique, et celles des intervalles, par régression multiple (SAS INSTITUTE, 1989). Les procédures mises en œuvre permettent d'obtenir une estimation de l'effet propre de chacun des facteurs pris en compte.

Les sources de variabilité des performances de reproduction

En termes de production, des progrès considérables ont été réalisés ces dernières années par les élevages laitiers de la Réunion, dans un contexte non limité par des quotas. On enregistre en effet, durant ces deux dernières années, un taux de progression annuel moyen des quantités de lait collectées de près de 20 %, une production moyenne par lactation en forte hausse et un niveau élevé de la qualité du lait, résultant à la fois d'une plus grande maîtrise de l'alimentation et d'une amélioration sensible du niveau génétique des animaux (SICALAIT, 1997).

Parallèlement, les valeurs moyennes des paramètres de fertilité et de fécondité (tableau 40) semblent indiquer des performances de reproduction inférieures à celles qui sont enregistrées en métropole, si l'on en juge d'après les objectifs moyens — valeurs de référence en race Holstein pour des animaux réputés sans troubles de la reproduction — et les résultats des enquêtes les plus récentes (THIBIER et GOFFAUX, 1985 ; PHILIPOT, 1993 ; SEEGERS et MALHER, 1996 ; TROCCON, 1996 ; VALLET *et al.*, 1997).

Néanmoins, en métropole, on constate aujourd'hui que le pourcentage de vaches n'ayant présenté aucun trouble de la reproduction est faible, entre 20 % et 30 % (MARTINEZ et THIBIER, 1984). La situation de l'île de la Réunion n'apparaît donc pas exceptionnelle, même si la marge de progrès à réaliser paraît importante.

Les paramètres moyens de fertilité ou de fécondité n'ont cependant pas une grande signification intrinsèque. Ils présentent une forte disparité entre troupeaux et entre individus à l'intérieur d'un même troupeau. Les résultats de l'analyse des facteurs de variation des paramètres de reproduction sont présentés dans les tableaux 41, 42 et 43.

LA RACE

Seuls les animaux nés à la Réunion, élevés dans l'élevage naisseur et inséminés artificiellement sur chaleurs naturelles ont été pris en compte dans les analyses des taux de réussite et de l'intervalle vêlage-insémination fécondante pour pouvoir comparer les races entre elles de la manière la plus fiable possible, à la fois chez les génisses et les vaches adultes. Aucune différence significative entre races n'est observée (tableau 44). Dans la suite, les races sont confondues.

Tableau 40. Valeurs moyennes des paramètres de reproduction observées à la Réunion et en métropole lors d'enquêtes récentes et dans des élevages de même type réputés sans trouble de reproduction (plusieurs valeurs sont proposées suivant les auteurs).

	Réunion			Métropole	
	Génisses	Vaches	Total	Enquêtes récentes	Objectifs récentes
Age au premier vêlage (jours)	952	–	952	730-1 100	920
Indicateurs de fertilité					
• Taux de réussite de l'insémination artificielle sur chaleurs naturelles (%)	50,9	39,2	40,4		
• Taux de réussite de l'insémination artificielle première sur chaleurs naturelles (%)	57,9	40,0	42,0	43,7-56-60	> 50-60
• Taux de réussite de l'insémination artificielle sur chaleurs induites (%)	48,6	37,3	38,7		
• Taux de réussite des saillies naturelles (%)	88,3	60,9	64,4		
• Nombre d'interventions par fécondation (tous types)	1,76	2,39	2,30	1,65-2	< 1,7
• Taux de femelles à plus de 2 interventions par fécondation (%)	17,8	28,0	26,5	15-22-22,8	< 15-20
Indicateurs de fécondité					
• Intervalle vêlage-insémination première (j)	–	78	78	69-83,6	< 60-75
• Intervalle vêlage-insémination fécondante (j)	–	127	127	97-109-128	90
• Intervalle entre interventions successives (j)	71,6	43,5	46	30	
• Proportion de vêlage-insémination première supérieur à 60 jours (%)	–	61	61		< 15-25
• Proportion de vêlage-insémination fécondante supérieur à 110 jours (%)	–	46	46	35,1	< 15

LA NATURE DE L'INTERVENTION

Pour identifier les différences dans les taux de réussite selon le type d'intervention, seuls les animaux nés à la Réunion, élevés dans l'élevage naisseur et multipares ont été retenus. Les différences selon le type d'intervention sont très significatives ($p = 0,0001$). Les taux de réussite ajustés sont de 61,4 % pour les saillies naturelles, de 40,4 % pour les inséminations artificielles sur chaleurs naturelles et de 39,8 % pour les inséminations artificielles sur cha-

Tableau 41. Analyse des taux de réussite de l'insémination chez les génisses entre 1993 et 1996. La zone des Hauts de l'Ouest a été éliminée en raison d'un effectif insuffisant. Les interventions de rang supérieur ou égal à 2 ont été rassemblées sous une même catégorie.

	F	Catégorie	Nombre	Moyenne ajustée (%)
Année	*	1993	193	55,4
		1994	166	59,0
		1995	152	46,7
		1996	157	44,3
Saison	ns	décembre-mai	301	50,9
		juin-novembre	367	51,9
Zone	ns	Plaine des Cafres	160	47,0
		Plaine des Palmistes	85	53,1
		Saint-Joseph ouest	253	52,9
		Saint-Joseph est	270	52,5
Rang d'intervention	**	1 ^{er}	342	56,9
		2 ^e et au-delà	326	45,8
Age à l'insémination artificielle	ns			

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

leurs induites. Le taux de réussite calculé pour la monte naturelle est donc, en moyenne, supérieur d'environ 20 points à celui de l'insémination. En conséquence, l'intervalle vêlage-intervention fécondante est significativement plus court (60 jours) lorsque l'intervention première est une saillie (tableau 43).

En moyenne, 14 % des interventions de reproduction sont des saillies (dont 1,3 % déduites d'une mise bas). Le taux d'utilisation de la monte naturelle est très variable selon la zone : 25 % pour les Hauts de l'Ouest et 16 % pour la Plaine des Palmistes. On ne constate aucune tendance à l'augmentation de l'utilisation de la monte naturelle depuis 1993, dans toutes les zones, ou depuis 1989, à Saint-Joseph. La saillie naturelle n'est visiblement utilisée que comme recours à la suite d'inséminations non fécondantes multiples, comme le montre l'intervalle vêlage-insémination fécondante lorsque l'intervention fécondante est une saillie. Les saillies représentent 19 % des interventions de rang supérieur ou égal à 4, et 13 % des interventions de rang inférieur ou égal à 3. Le fait que les trois quarts des interventions de sixième rang soient encore des inséminations artificielles témoigne de la volonté des éleveurs et de leur groupement de s'appuyer sur l'insémination comme moyen d'amélioration génétique.

Tableau 42. Analyse des taux de réussite de l'insémination chez les vaches entre 1993 et 1996.

	F	Catégorie	Nombre	Moyenne ajustée (%)
Année	*	1993	1 423	41,0
		1994	1 569	44,7
		1995	1 690	44,4
		1996	1 760	40,6
Saison	ns	décembre-mai	2 979	42,1
		juin-novembre	3 459	43,2
Zone	ns	Hauts de l'Ouest	350	49,0
		Plaine des Cafres	2 184	38,6
		Plaine des Palmistes	456	40,7
		Saint-Joseph ouest	1 674	41,5
		Saint-Joseph est	1 774	43,7
Zone/saison	*	Hauts Ouest/saison pluie	151	50,0
		Hauts de l'Ouest/saison sèche	199	48,0
		Plaine des Cafres/saison pluie	982	38,2
		Plaine des Cafres/saison sèche	1 202	38,9
		Plaine des Palmistes/saison pluie	242	39,4
		Plaine des Palmistes/saison sèche	214	42,0
		Saint-Joseph ouest/saison pluie	722	37,6
		Saint-Joseph ouest/saison sèche	952	45,5
		Saint-Joseph est/saison pluie	882	45,7
Saint-Joseph est/saison sèche	892	41,7		
Rang de mise bas	ns	primipare	1 524	43,5
		multipare	4 914	41,8
Origine	ns	importée	1 028	39,3
		1 ^{re} reproduction à la Sicalait	1 117	44,7
		1 ^{re} reproduction en élevage	4 293	44,0
Rang de mise bas/ origine	ns	primipare/importée	484	37,5
		multipare/importée	544	41,1
		primipare/reproduction Sicalait	197	45,9
		multipare/reproduction Sicalait	920	43,5
		primipare/reproduction élevage	843	47,1
		multipare/reproduction élevage	3 450	40,9
Rang d'intervention	ns	1 ^{er}	2 730	44,7
		2 ^e	1 849	42,8
		3 ^e et au-delà	1 859	40,5
Intervalle vêlage- insémination artificielle	**			
Rang d'intervention/ intervalle vêlage- insémination artificielle	*			

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

Tableau 43. Analyse des intervalles vêlage-insémination première (V-I1) et vêlage-insémination fécondante (V-I_f).

	F		Catégorie	Moyenne ajustée (jours)	
	V-I1	V-I _f		V-I1	V-I _f
Année de l'insémination première	ns	ns	1993	80	128
			1994	83	126
			1995	82	129
			1996	81	122
Saison de l'insémination première	ns	**	décembre-mai	82	130
			juin-novembre	81	123
Zone	ns	ns	Hauts de l'Ouest	76	111
			Plaine des Cafres	83	127
			Plaine des Palmistes	81	134
			Saint-Joseph ouest	86	133
			Saint-Joseph est	81	126
Rang de mise bas	ns	ns	primipare	81	128
			multipares	82	124
Origine	*	***	importée	85	141
			1 ^{re} reproduction à la Sicalait	80	123
			1 ^{re} reproduction en élevage	80	115
Rang de mise bas/origine	ns	ns	primipare/importée	85	147
			multipare/importée	85	135
			primipare/reproduction Sicalait	80	125
			multipare/reproduction Sicalait	80	121
			primipare/reproduction élevage	80	113
			multipare/reproduction élevage	80	118
Nature de l'insémination première	***	***	saillie	79	83
			insémination artificielle sur chaleurs naturelles	73	142
			insémination artificielle sur chaleurs induites	92	154
Nature de l'insémination fécondante	-	***	saillie	-	166
			insémination artificielle sur chaleurs naturelles	-	110
			insémination artificielle sur chaleurs induites	-	103
Intervalle vêlage-intervention première	-	***			

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$.

Tableau 44. Effet de la race sur le taux de réussite de l'insémination, l'intervalle vêlage-insémination première (V-I1) et vêlage-insémination fécondante (V-I2).

	Nombre	Taux de réussite (%)	Nombre	V-I1 (jours)	Nombre	V-I2 (jours)
Holstein	3 835	44,7	2 100	76	1 217	123
Brunes des Alpes	197	46,3	123	80	68	141
Normandes	72	46,1	28	75	16	117
Croisées	794	46,6	450	74	249	124

On n'observe pas de différence de réussite entre les inséminations artificielles sur chaleurs naturelles et sur chaleurs induites. L'intervalle vêlage-insémination première significativement plus long lorsque l'insémination est réalisée sur chaleurs induites traduit l'intervention directe de l'éleveur dans la mise à la reproduction des animaux en état d'anœstrus post-partum. Les taux de réussite sont de 42 % (n = 1 064) pour des inséminations sur implants de progestagènes et 28 % (n = 86) après une double injection de prostaglandines. Les résultats médiocres relevés pour les inséminations sur prostaglandines indiquent que le problème concerne plus l'induction que la synchronisation des chaleurs. En effet, contrairement aux prostaglandines qui favorisent la lutéolyse d'un corps jaune déjà en place chez un animal cyclé par définition, les implants de progestagènes et les injections de PMSG (*pregnant mare serum gonadotrophin*) réalisées conjointement ont la propriété de déclencher la reprise de l'activité ovarienne chez les animaux en état d'anœstrus post-partum vrai, c'est-à-dire non cyclé (KABANDANA *et al.*, 1995).

L'ANNÉE, LA SAISON ET LA ZONE

La répartition des vêlages sur l'année est relativement uniforme. Le taux de réussite présente néanmoins assez régulièrement une dépression de janvier à mai, en 1994, 1996 et 1997 (figure 57). Les meilleurs résultats semblent être obtenus pendant les périodes de basses températures et de faibles précipitations, ce qui paraît concorder avec d'autres observations effectuées à la Réunion sur la production laitière et la croissance des jeunes (LANOT et BIGOT, 1996) ou dans d'autres départements d'outre-mer, comme la Guadeloupe. Cet effet saisonnier est néanmoins sans commune mesure avec ce qui est décrit dans d'autres zones tropicales (CHICOTEAU, 1991) ou tempérées (GAUTHIER et THIMONIER, 1985) ou à la Réunion pour les races allaitantes. Le stress thermique est souvent évoqué.

D'autres résultats tempèrent néanmoins ce constat. Aucune cyclicité dans l'évolution mensuelle des intervalles ne semble exister. Le risque d'avortement ne présente un pic que pendant la saison pluvieuse de 1994, où il est d'origine infectieuse. Cette période mise à part, il ne semble pas y avoir de saisonnement des avortements. L'effet de la saison dépend également de la zone dans

laquelle se situe l'exploitation, même si ce dernier facteur apparaît constamment non significatif. En termes de réussite, il n'existe de différence marquée entre la saison pluvieuse et la saison sèche que pour les deux zones de Saint-Joseph (tableau 42), avec cependant une opposition entre ces deux zones, pourtant géographiquement proches.

Aucune différence entre zones n'est mise en évidence. Les différences entre saisons sont limitées et inconstantes. L'influence de la saison sur la fécondité des vaches laitières est probablement conditionnée par d'autres facteurs comme les pratiques d'élevage (importance du pâturage dans la ration de base, reprints fourragers, conception des bâtiments, gestion du parasitisme et des pathologies d'incidence saisonnière...).

L'effet de l'année est surtout significatif pour la réussite des inséminations chez les génisses. On constate une dégradation assez nette pour les années 1995 et 1996 sans qu'aucune explication puisse être avancée (tableau 41). On observe également une chute importante et inexpliquée de la réussite en 1991 dans la zone de Saint-Joseph (figure 58), année qui ne se distingue pourtant pas par des conditions climatiques particulières.

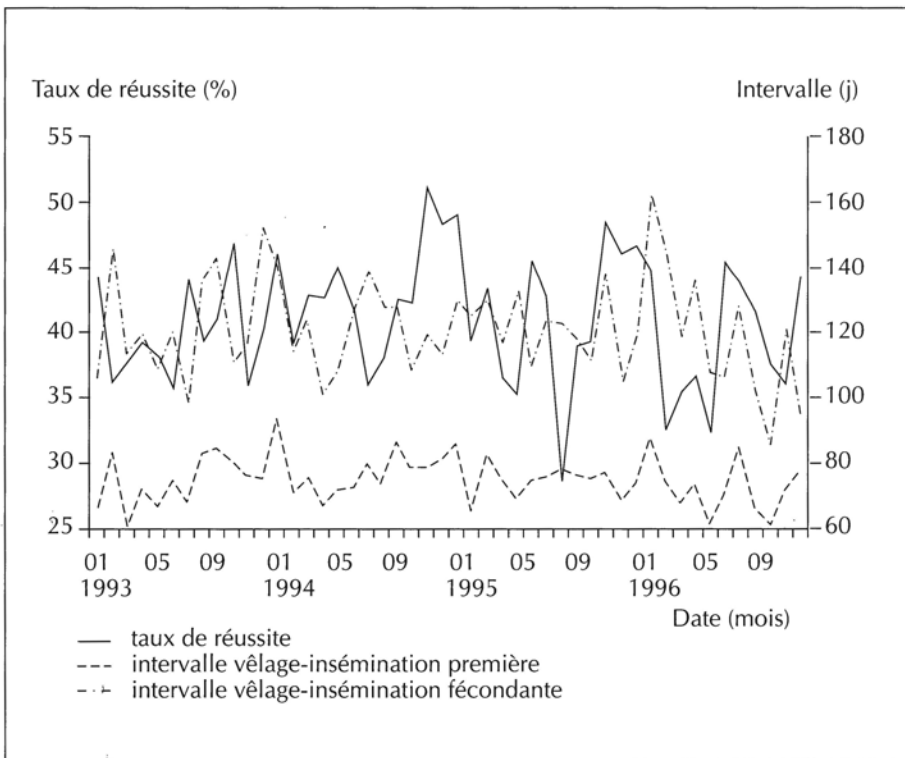


Figure 57. Evolution mensuelle des paramètres d'infertilité et d'infécondité pour la période 1993-1996.

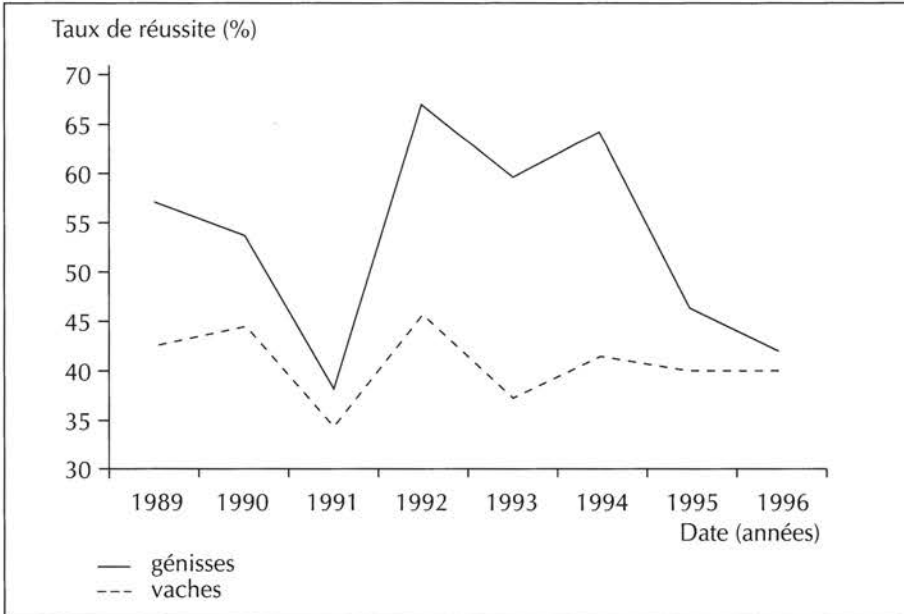


Figure 58. Variation annuelle du taux de réussite de l'insémination pour les vaches et pour les génisses dans les zones de Saint-Joseph, entre 1989 et 1996.



Vache venant de mettre bas
(photo P. Hassoun).

LE RANG DE MISE BAS ET L'ORIGINE

Les génisses vêlent pour la première fois en moyenne, hors avortement, à l'âge de 962 ± 11 jours (soit 31,5 mois, $n = 908$), soit un résultat très proche de ceux qui sont enregistrés en métropole (THIBIER et GOFFAUX, 1985). L'âge au premier vêlage est de 915 jours pour les femelles importées, de 955 pour les femelles élevées à la Sicalait et de 982 pour les femelles élevées en élevage naisseur ($p < 0,0001$). Ces écarts entre les catégories sont très probablement liés à des différences de vitesse de croissance des animaux avant la puberté (TROCCON et PETIT, 1989) et sont indépendants de l'âge des animaux à la mise à la reproduction ; l'effet de l'âge à l'insémination artificielle n'est pas significatif. Comme on le constate habituellement (THIBIER et GOFFAUX, 1985), les génisses présentent un taux de réussite nettement supérieur à celui des vaches adultes : près de 18 points en moyenne si l'on considère les seules inséminations premières sur chaleurs naturelles. La lactation et les déséquilibres alimentaires qui y sont attachés sont probablement en cause. La présence d'un environnement chaud est également évoqué. L'analyse des effets du rang de vêlage sur les performances de reproduction ne peut être effectuée indépendamment de l'origine des animaux (LANOT et BIGOT, 1996).

Chez les animaux importés, les primipares ont un taux de réussite plus faible que les multipares (tableau 42). A l'inverse, chez les animaux nés à la Réunion, le taux de réussite est meilleur chez les primipares, sans qu'il y ait de différence entre les animaux élevés à la Sicalait et les animaux élevés dans les élevages naisseurs. De même, on observe un intervalle vêlage-insémination fécondante supérieur chez les primipares importés (tableau 43), alors qu'aucune différence n'est constatée pour ce qui concerne l'intervalle vêlage-insémination première. Les animaux importés ne sont donc pas plus sujets que les animaux locaux à l'anœstrus post-partum. A partir du second vêlage, on n'observe plus aucune différence de réussite entre ces catégories d'animaux. Il semble donc que le stress d'adaptation s'exprime en matière de reproduction par une réussite moindre à la suite du premier vêlage. Une fois passé le cap de la première lactation, les animaux d'importation obtiennent des résultats de reproduction équivalents à ceux des vaches locales.

En métropole, les enquêtes font apparaître des résultats contradictoires. Certaines font état d'une diminution de la fertilité à partir du 5^e ou du 6^e vêlage, avec une fréquence plus élevée d'anœstrus post-partum (STEFFAN et HUMBLLOT, 1985 ; THIBIER, et GOFFAUX, 1985). D'autres signalent une amélioration de la fertilité au-delà du 3^e rang de lactation. Il faut cependant garder à l'esprit que ces animaux présentent souvent moins de troubles de la reproduction et sont pour cela conservés (FAYE *et al.*, 1986). Si l'on excepte les particularités liées à l'importation, le rang de vêlage influe peu sur les performances de reproduction.

Enfin, les vaches nécessitant au moins trois interventions lors d'une lactation ont une fertilité réduite de plus de 20 % lors de la lactation suivante par rapport aux vaches qui n'ont été inséminées qu'une seule fois (tableau 45). Un tel phénomène a également été constaté en métropole (STEFFAN, 1987).

Tableau 45. Fertilité actuelle en fonction de la fertilité de la lactation antérieure (IA1 : insémination artificielle première ; IA/f : inséminations artificielles par fécondation).

	Nombre d'inséminations artificielles lors de la lactation précédente							
	1		2		3 et +		Total	
	Taux (%)	Nb	Taux (%)	Nb	Taux (%)	Nb	Taux (%)	Nb
Réussite de l'IA1	41,6 ± 1,1	1 944	40,0 ± 1,5	1 144	32,8 ± 1,3	1 288	38,6 ± 0,7	4 376
Femelles avec plus de 2 IA/f	25,5 ± 1,6	793	26,1 ± 2,1	453	37,1 ± 2,4	415	28,5 ± 1,1	1 661

LE RANG D'INSÉMINATION ET L'INTERVALLE VÊLAGE-INSÉMINATION

En dehors de son rôle de composante de la fécondité individuelle, l'intervalle vêlage-intervention première influe très nettement sur la fertilité. Le taux de réussite de l'insémination première doit donc être interprété en fonction de cet intervalle (SEEGERS et MALHER, 1996). On constate à la Réunion une augmentation du taux de réussite avec l'intervalle vêlage-insémination. L'interaction entre le rang et l'intervalle vêlage-insémination à la limite du seuil de signification précise en fait que cette relation est surtout le fait de l'insémination première (tableau 42). Les taux de réussite sur insémination première sont minimaux 40 jours après vêlage, augmentent à partir de 60 jours et sont maximaux entre 60 et 90 jours post-partum (figure 59). Pour les interventions suivantes, l'effet de l'intervalle vêlage-insémination sur la réussite est beaucoup moins net. Ces différences seraient liées à l'existence d'un déficit énergétique marqué au tout début de la lactation. Elles incitent à ne pas inséminer trop tôt après le vêlage.

L'ÉLEVAGE

Il est difficile de parler de fertilité ou de fécondité moyenne étant donné la variabilité des indicateurs (figure 60). La répartition des troupeaux en trois catégories selon leurs performances de reproduction, critère par critère, montre qu'une large proportion de ceux-ci ont présenté, de 1993 à 1996, des performances de reproduction insuffisantes (tableau 46) : 22 % des élevages n'ont aucun paramètre jugé non satisfaisant, 49 % ont un paramètre non satisfaisant, 20 % ont deux paramètres non satisfaisants et 9 % ont plus de deux paramètres non satisfaisants (le nombre d'inséminations par fécondation et les intervalles vêlage-insémination première, vêlage-insémination fécondante et insémination-insémination étant exclus). Le cumul des para-

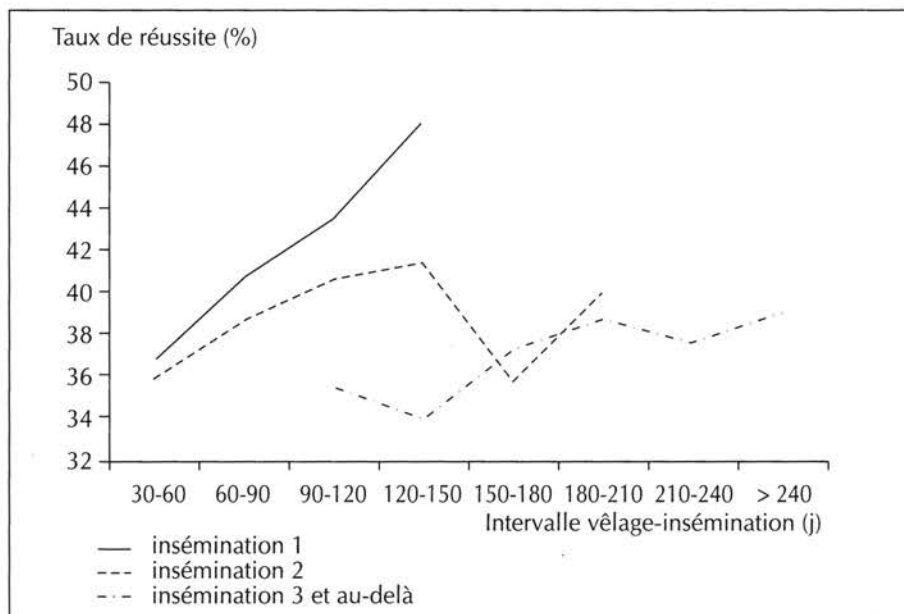


Figure 59. Relation entre le taux de réussite de l'insémination, l'intervalle vêlage-insémination et le rang de l'intervention.

Tableau 46. Répartition des élevages, en pourcentages, dans les trois catégories de performances de reproduction.

Performances	Non satisfaisantes	Moyennes	Satisfaisantes
Taux de réussite en insémination première (%)	< 30 8	30-50 71	> 50 21
Proportion de femelles avec plus de 2 inséminations par fécondation (%)	> 30 32	20-30 39	< 20 29
Nombre d'inséminations par fécondation	> 2,3 6	1,7-2,3 80	< 1,7 14
Intervalle vêlage-insémination première (j)	> 80 41	60-80 55	< 60 4
Intervalle vêlage-insémination fécondante (j)	> 150 14	110-150 64	< 110 22
Proportion de femelles avec un intervalle vêlage-insémination première > 60 j	> 60 61	30-60 37	< 30 2
Proportion de femelles avec un intervalle vêlage-insémination fécondante > 110 j	> 60 14	30-60 80	< 30 6
Intervalle insémination-insémination (j)	> 80 14	42-80 49	< 42 37

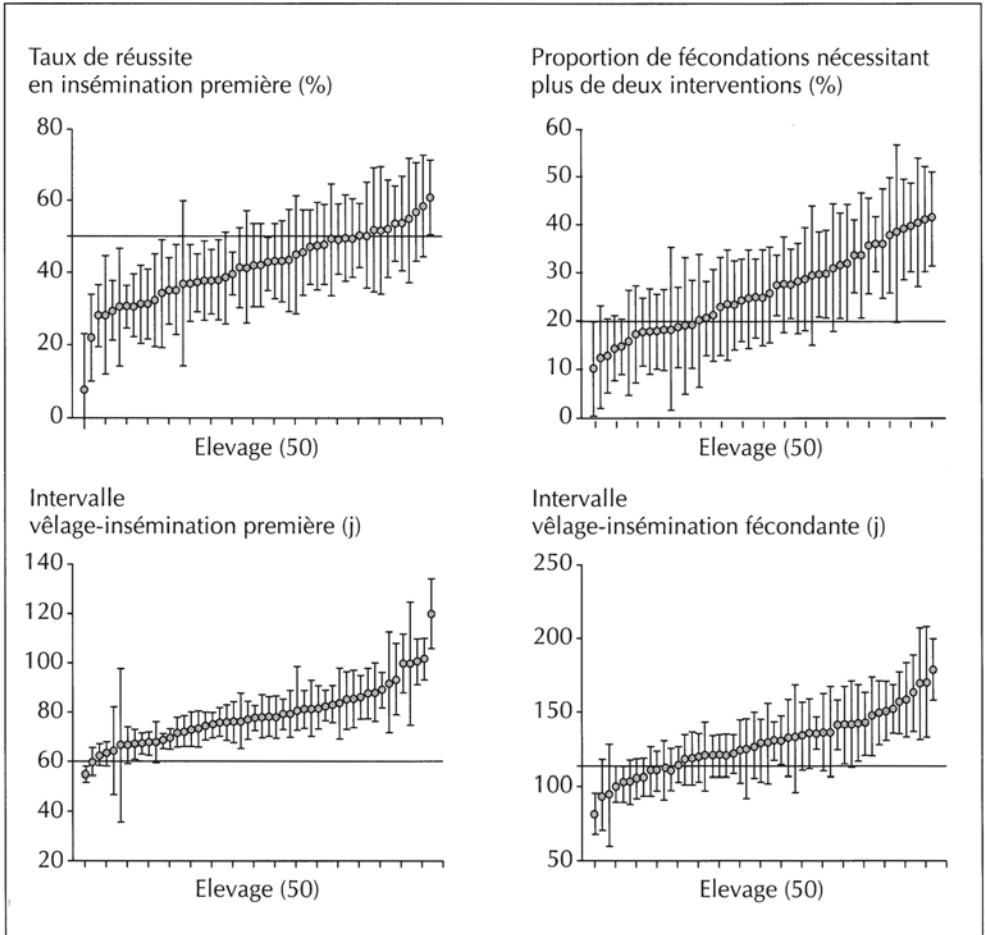


Figure 60. Distribution des paramètres de reproduction moyens par élevage (moyenne et intervalle de confiance de la moyenne). Les lignes matérialisent les normes métropolitaines (50 %, 20 %, 60 jours et 110 jours pour le taux de réussite, la proportion de fécondations nécessitant plus de deux interventions et les intervalles vêlage-insémination première et vêlage-insémination fécondante, respectivement).

mètres insatisfaisants se répercute sur l'intervalle vêlage-insémination fécondante moyen du troupeau (figure 61).

La grande variabilité entre troupeaux des différents indicateurs de fertilité et de fécondité est le résultat le plus marquant. Une analyse récente des données de reproduction montre que les facteurs de variation propres au cheptel — logement, gestion du troupeau, etc. — ou à la vache sont importants et pertinents. Ils doivent être pris en compte s'ils affectent l'intervalle entre le vêlage et la première insémination. Néanmoins, la plus grande partie de la variabilité reste liée à la lactation. L'effort de recherche devra donc porter en priorité sur les

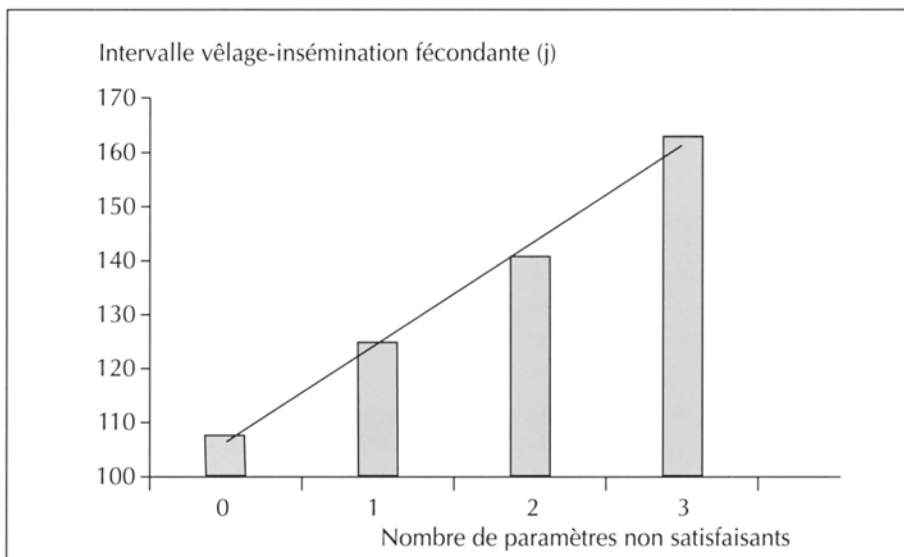


Figure 61. Relation entre le nombre de paramètres de reproduction non satisfaisants et l'intervalle vèlage-insémination fécondante du troupeau.

facteurs de risque relatifs à la lactation : pathologie post-partum, durée de la période de déséquilibre énergétique, évolution de l'état corporel au début de la lactation.

Conclusion

Les élevages laitiers intensifs de la Réunion présentent des performances de reproduction moyennes. Les différences les plus marquantes sont observées entre les taux de réussite des inséminations artificielles et des saillies naturelles et entre les taux de réussite des inséminations chez les génisses et chez les vaches laitières. Les génisses nées à la Réunion ont des résultats de reproduction en première lactation supérieurs à ceux des animaux importés. A partir de la seconde lactation, les animaux d'importation obtiennent des résultats de reproduction équivalents. Aucune différence entre races et entre zones n'est observée. L'effet de la saison ne se manifeste que par un meilleur taux de réussite pendant la saison fraîche.

A la Réunion, si le constat d'infertilité est aujourd'hui bien établi et quantifié en élevage bovin laitier, les causes de l'infertilité restent encore mal connues. Les facteurs de variation évoqués précédemment sont tous de type structurel — nature de l'intervention, rang de lactation, saison, origine. Ils n'incitent pas à mettre en place des actions d'amélioration véritablement opportunes. En effet, l'insémination artificielle et l'introduction de génisses d'importation sont nécessaires pour la poursuite du progrès génétique. Le

saisonnement des inséminations et, par conséquent, des vêlages ne présente quant à lui aucun intérêt économique.

En revanche, identifier les éléments nutritionnels ou sanitaires à l'origine des variations saisonnières est d'un intérêt pratique majeur. Les différences entre les troupeaux sont considérables, ce qui confirme aussi l'impact potentiel des pratiques d'élevage sur la fertilité des animaux et la nécessité de prendre en compte différentes échelles d'observation (cycle, animal, troupeau) dans l'identification des facteurs de risque liés aux troubles de la reproduction.

Les facteurs de risque d'infertilité : premiers résultats

Seuls les éléments les plus récemment acquis sont présentés. Ils donnent néanmoins une idée de l'orientation des recherches actuelles menées par le Cirad-Elevage en matière d'infertilité en élevage bovin laitier.

La pathologie

A la Réunion, la pathologie des élevages bovins laitiers est comparable à celle des élevages intensifs des zones tempérées (voir le chapitre « Identification des contraintes sanitaires »). Les troubles de la reproduction sont les plus nombreux et constituent 41 % des cas cliniques observés par les vétérinaires praticiens de l'île (LANOT et NABENEZA, 1995). Ces troubles sont en majorité liés au vêlage : dystocies et suites de vêlage, rétentions placentaires, métrites. De 1995 à 1996, lors du suivi épidémiologique exhaustif, des troubles pathologiques ont été observés dans 28 % des cycles de reproduction vêlage-insémination fécondante, et 23 % des cycles touchés le sont par plusieurs pathologies.

Toutes les affections du post-partum sont capables de provoquer des chutes de fertilité et des retards de fécondation significatifs. Les écarts entre cycles de reproduction avec et sans trouble sont particulièrement importants pour l'intervalle vêlage-insémination fécondante (50 jours) et le taux de réussite de l'insémination (jusqu'à 15 points). L'intervalle vêlage-insémination première est relativement moins affecté, à l'exception des affections du pied. Les affections du pied, les mammites et les métrites pénalisent fortement la fécondité des animaux (intervalle vêlage-insémination fécondante). La réussite de l'insémination est également fortement déprimée par la présence de métrite ou de mammite. Les rétentions placentaires n'ont pas de répercussions significatives sur la fécondité (tableau 47). Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux qui sont obtenus en zone tempérée (STEFFAN et HUMBLLOT, 1985). L'effet des

Tableau 47. Paramètres de reproduction et pathologies, en 1995-1996. Seuls les cas apparaissant entre le vêlage et la date de fécondation suivante sont pris en compte dans le cycle de reproduction. Les récidives ne sont pas comptabilisées.

	Sans troubles		Métrite		Rétention placentaire		Mammite		Affections locomotrices	
	Moy.	Nb	Moy.	Nb	Moy.	Nb	Moy.	Nb	Moy.	Nb
Intervalle vêlage-insémination première (j)	69	817	73	95	72	73	80	81	95	36
Intervalle vêlage-insémination fécondante (j)	117	817	165	95	122	73	170	81	164	36
Réussite de l'insémination artificielle (%)	47,3	1726	31,6	301	42,7	236	34,3	171	41,9	86

atteintes locomotrices peut s'expliquer par une extériorisation du comportement de chaleur chez l'animal plus limitée (chevauchement) rendant la détection des chaleurs par l'éleveur plus délicate et l'insémination plus tardive. L'effet des mammites peut paraître surprenant ; l'intervention de toxines bactériennes à effet lutéolytique ou embryotoxique est généralement évoquée.

Pour tous ces résultats, on gardera à l'esprit que l'importance des pertes zootechniques est largement conditionnée par la nature et la rapidité du traitement. Néanmoins, il est certain que ces pathologies entraînent un manque à gagner pour l'éleveur.

Jusqu'à aujourd'hui, l'étude étiologique de l'infertilité s'est limitée à des recherches sérologiques ciblant la chlamydie et la fièvre Q, et visant à mesurer la part de responsabilité de ces infections dans l'apparition d'avortements et de métrites à l'échelle de l'animal, et plus généralement, dans l'infertilité à l'échelle des élevages.

En 1994 et 1995, une étude sérologique a été menée sur 61 avortements cliniquement observés : 13 % d'entre eux étaient liés avec certitude à la chlamydie et 11 %, à la fièvre Q (LANOT et NABENEZA, 1995). La chlamydie pourrait être également impliquée dans l'apparition de métrites dans 33 % des troupeaux touchés par cette affection et la fièvre Q, dans 13 % des troupeaux touchés. En 1995, une seconde enquête séro-épidémiologique sur la chlamydie et la fièvre Q a été réalisée dans 48 élevages faisant l'objet d'un suivi de la reproduction, avec le concours de l'Aribev. Une dizaine d'animaux ont été choisis au hasard dans chaque troupeau. Le taux d'infection des animaux s'élève à 47,3 % pour la chlamydie et à 17,9 % pour la fièvre Q, avec un seuil de positivité fixé au 1/10 (infection latente) ; il est de 3,1 % pour la chlamydie et de 2,6 % pour la fièvre Q, avec un seuil de positivité fixé au 1/40

(seuil à partir duquel on considère que l'infection est évolutive). Le taux d'infection des élevages s'élève à 100 % pour la chlamydie et à 65 % et la fièvre Q ; un élevage est considéré comme infecté si au moins une analyse individuelle est positive au 1/10.

La relation entre ces deux infections et les performances de reproduction des troupeaux n'est pas très nette. La réussite de l'insémination est significativement plus faible dans les élevages qui présentent une circulation récente de fièvre Q ou une séro-prévalence élevée (tableau 48). Aucune différence n'est observée pour la chlamydie. La littérature est également très équivoque quant à la responsabilité de ces agents infectieux dans l'infertilité en élevage laitier.

Tableau 48. Paramètres de reproduction et prévalence sérologique de la chlamydie et de la fièvre Q. Seules les inséminations situées dans l'année qui a suivi les prélèvements sont prises en compte pour les intervalles vêlage-insémination première (V-I1), vêlage-insémination fécondante (V-I_f) et pour le taux de réussite. Les avortements sont comptabilisés en pourcentage des vêlages totaux.

	V-I1 (j)		V-I _f (j)		Réussite de l'insémination (%)		Avortement (%)	
	Moy.	Nb	Moy.	Nb	Moy.	Nb	Moy.	Nb
Chlamydie								
• séroprévalence de 0 à 30 %	70	143	118	156	40	343	3,3	181
• séroprévalence de 30 à 60 %	73	173	117	187	40	340	1,9	207
• séroprévalence supérieure à 60 %	69	117	123	160	43	324	3,5	170
• circulation récente	74	65	122	83	46	194	2,4	83
• pas de circulation récente	70	368	122	83	40	813	2,9	475
Fièvre Q								
• séroprévalence de 0 %	71	135	118	162	46	263	1,6	193
• séroprévalence de 0 à 20 %	72	159	127	198	43	380	4,9	203
• séroprévalence supérieure à 20 %	68	139	110	143	35	364	1,9	162
• circulation récente	68	93	116	92	32	213	2,7	448
• pas de circulation récente	71	340	120	411	43	794	3,6	110

L'alimentation

Selon diverses enquêtes menées en métropole en élevage laitier intensif, l'alimentation est responsable de près de 60 % des troubles de la reproduction. Tout déséquilibre énergétique, azoté ou minéral, peut entraîner une baisse des performances de reproduction, même si un déficit énergétique pendant le tarissement ou au début de la lactation est le plus souvent invoqué (WOLTER, 1992). La période du tarissement à la mise à la reproduction est une phase cri-

tique dans la mesure où elle coïncide avec le début de la lactation. De ce fait, la fonction de reproduction est généralement la première fonction altérée en cas de mauvaise préparation au vêlage ou en cas de déficits nutritionnels post-vêlage. Les déficits énergétiques peuvent avoir des conséquences différées dans le temps, dans la mesure où l'animal peut mobiliser ses réserves corporelles. A l'inverse, les déficits azotés ont des conséquences quasi immédiates. L'étude de la relation entre l'alimentation et la reproduction est donc complexe. Elle ne se limite pas à une vérification ponctuelle de l'adéquation entre les besoins nutritionnels et les apports alimentaires, mais doit prendre en compte l'évolution du bilan nutritionnel du tarissement à la fécondation.

En 1996 et 1997, des notations mensuelles de l'état corporel des animaux ont été effectuées dans 8 troupeaux laitiers pour lesquels on disposait également des données du suivi de la reproduction et du contrôle laitier. Sur les dix-sept mois de suivi, 3 700 notations ont été effectuées sur 250 animaux adultes, soit, en moyenne, 15 notations mensuelles par animal sur la durée du suivi. Ces données ont été confrontées aux 2 000 relevés du contrôle laitier effectué par l'Ede sur les mêmes animaux — 8 contrôles par animal, en moyenne — et aux données concernant les inséminations et les vêlages.

La note d'état corporel est un indicateur nutritionnel des déséquilibres énergétiques. Elle repose sur l'appréciation visuelle extérieure de la couverture grasseuse et musculaire de l'animal en différents points anatomiques. Une note moyenne est attribuée sur une échelle de 0 à 5, au demi-point près (BAZIN, 1984).

Cinq types d'évolution de l'état corporel des vaches laitières ont été identifiés et comparés à un profil théorique optimal de référence (figure 62 ; KEROUANTON, 1993). Certains animaux suivent la courbe théorique (type 3). D'autres présentent une mobilisation des réserves adipeuses importante et précoce, mais avec une reconstitution rapide dès le 3^e mois de lactation (type 5). Des animaux se distinguent de ce dernier profil par un amaigrissement plus lent, régulier, qui se prolonge jusqu'au 4^e mois de lactation (type 4). Enfin, certains animaux montrent une relative stabilité de l'état corporel (type 1), avec une perte d'état à 60 jours qui n'est jamais supérieure à 0,5 point par rapport à la note au vêlage ou un amaigrissement modéré, avec une reprise d'état assez rapide et importante dès le 3^e mois suivant le vêlage.

La comparaison des paramètres de reproduction moyens établis pour chaque profil met en évidence un allongement significatif de l'intervalle vêlage-insémination fécondante et une augmentation du nombre d'inséminations par fécondation pour les animaux qui présentent un profil de notes 4, ce qui correspond à une perte d'état régulière et prolongée jusqu'au 4^e mois de lactation (tableau 49). Une baisse trop prolongée de l'état corporel après le vêlage est donc plus pénalisante sur l'intervalle vêlage-insémination fécondante qu'une baisse d'état rapide et prononcée, suivie d'une reprise d'état précoce dès le 60^e jour de lactation, qui témoigne d'une bonne maîtrise des apports énergétiques.

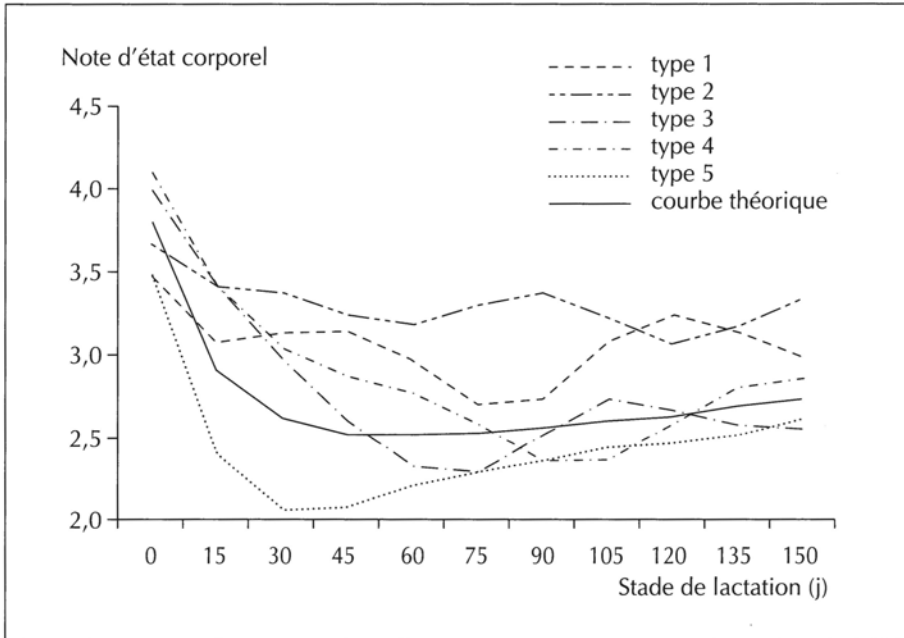


Figure 62. Différentes évolutions de l'état corporel des animaux au cours des 150 jours suivant le vêlage. La note d'état au vêlage est la note antérieure la plus proche. Les notes ont été calculées par pas de 15 jours, par extrapolation.

Tableau 49. Performances de reproduction moyennes par profil de notes. Les moyennes ont été établies sur les inséminations artificielles, non induites par traitement.

	Effectif	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5
Intervalle vêlage-insémination première	117	66	69	69	78	74
Intervalle vêlage-insémination fécondante	104	125	158	165	235**	129
Intervalle vêlage-vêlage	74	407	418	394	379	381
Nombre d'inséminations par fécondation	104	2,3	3,3	2,8	3,8*	2,3

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

D'autres éléments viennent conforter ces résultats. Un amaigrissement majoré de 1 point entre le vêlage et l'insémination première entraîne un allongement de l'intervalle vêlage-insémination première de 14 jours ($p < 0,001$). La réussite de l'insémination première, quand cette dernière a lieu au cours des 100 jours qui suivent le vêlage, est liée à la reprise d'état corporel au moment



Evaluation de l'état corporel chez la vache laitière (photo P. Hassoun).

de l'insémination ($p < 0,05$) — c'est-à-dire à une variation d'état positive sur la période qui va de quinze jours avant l'insémination artificielle à quinze jours après l'insémination — et non à la note d'état d'engraissement elle-même. On a ainsi trois fois plus de chance que l'insémination première réussisse lorsque le gain d'état corporel dans le mois qui encadre l'insémination artificielle augmente de 1 point. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres auteurs (DUCROT *et al.*, 1994 ; STUDER, 1998). Aucune variable de production laitière — production au pic et à l'insémination, écart entre ces deux productions — n'a eu d'effet pénalisant probant sur la longueur des intervalles vêlage-insémination première et vêlage-insémination fécondante, et sur la réussite de l'insémination.

Les cinq types d'évolution de l'état corporel se rencontrent dans tous les élevages, mais dans des proportions différentes. La distribution des profils de notes d'état par élevage pourra donc ultérieurement être retenu comme critère de discrimination des troupeaux. Néanmoins, l'existence d'une variabilité individuelle des profils d'état corporel à l'intérieur d'un troupeau justifie l'étude des interactions entre indicateurs nutritionnels et performances de reproduction à l'échelle de la lactation.

La détection des chaleurs

Les problèmes de détection des chaleurs — absence de détection et détection de « fausses chaleurs » — constituent, après l'alimentation, le second facteur d'infertilité dans les élevages laitiers ayant recours à l'insémination artificielle.

L'absence de détection des chaleurs provient soit de l'incapacité de l'éleveur à repérer les vaches réellement en chaleur, soit d'un défaut d'extériorisation des chaleurs par l'animal (anœstrus, chaleurs frustes). Chez les bovins, la durée des chaleurs est courte, de 12 et 18 heures, en moyenne, avec des chaleurs

frustes et raccourcies au début du cycle. La détection des chaleurs n'est donc pas aisée, mais elle ne doit pas être négligée. Elle conditionne le succès de l'insémination.

A la Réunion, plus de 60 % des vaches sont inséminées pour la première fois au-delà de 60 jours suivant le vêlage (figure 63). Elles sont donc en état d'anœstrus post-partum (20 % des vaches ne sont toujours pas inséminées à 100 jours de lactation). Dans le cas d'anœstrus post-partum vrai, la vache n'est pas encore cyclée à 60 jours. Il s'agit alors d'un problème d'ordre physiologique. Dans le cas d'anœstrus post-partum cyclique, la vache est cyclée mais elle n'est pas vue en chaleur. Ces résultats peuvent toutefois être pondérés par le fait qu'une partie des animaux concernés (qui n'a pas pu être estimée dans la présente étude) a fait l'objet d'une mise à la reproduction volontairement différée.

Pour la majorité des troupeaux, la moyenne entre deux interventions de reproduction successives est supérieure à deux cycles. Plus d'une chaleur sur deux n'est pas décelée. La maîtrise de la détection des chaleurs par l'éleveur est donc un élément déterminant. Il doit être pris en compte dans les causes de l'infertilité d'un troupeau au même titre que les facteurs liés à l'animal lui-même (pathologie, bilan nutritionnel).

On observe aussi un nombre non négligeable de retours décalés entre 25 et 35 jours ou entre 48 et 54 jours suivant une intervention (figure 64). Le taux de mortalité embryonnaire tardive calculé à partir des retours en chaleur entre le 25^e et le 35^e jour suivant une première insémination s'élève à $23,3 \pm 1,3$ %. Il est probablement surévalué en raison de l'existence possible de cycles irréguliers, anormalement allongés (HUMBLOT, 1985).

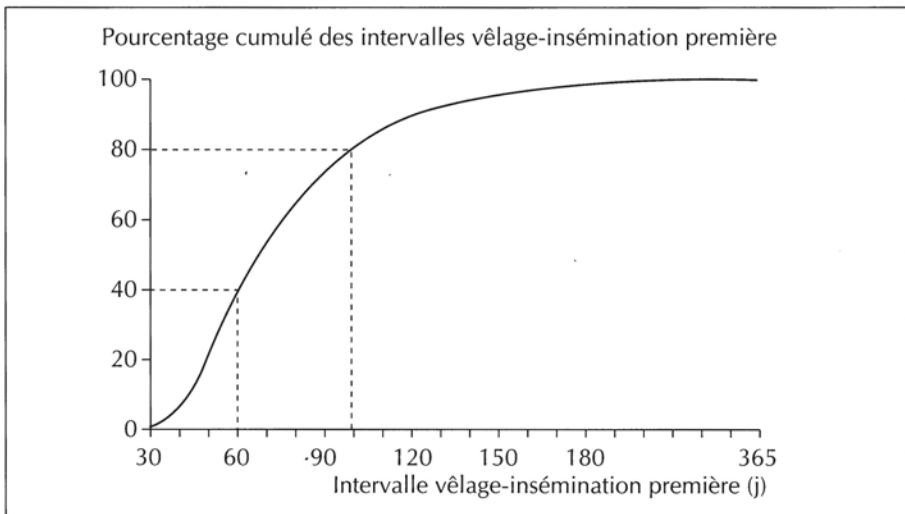


Figure 63. Evolution du pourcentage cumulé de vaches inséminées pour la première fois après vêlage en fonction du stade de lactation.

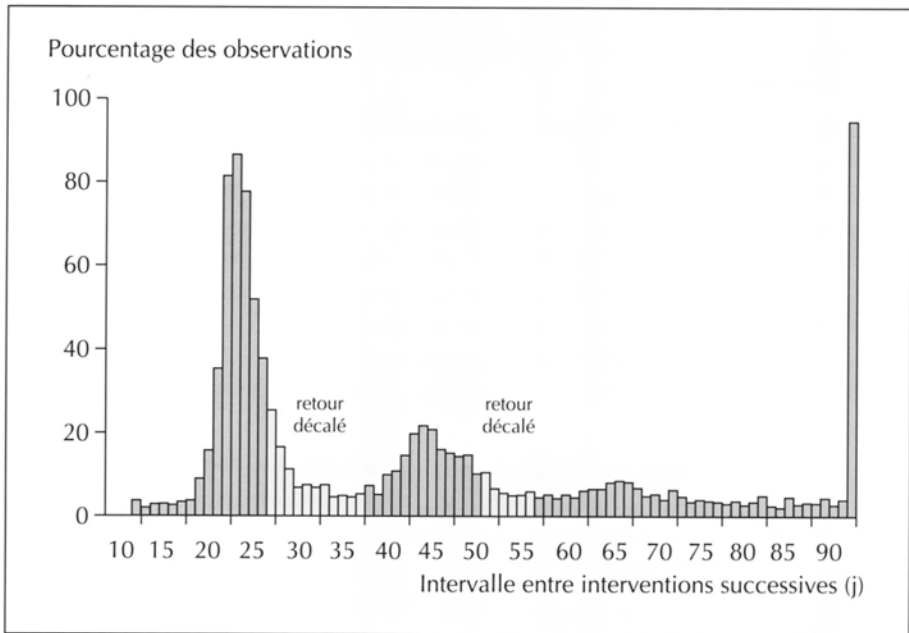


Figure 64. Distribution de l'intervalle entre interventions successives.

Conclusion

Dans un contexte d'augmentation sensible du recours à l'insémination artificielle et d'amélioration des productions laitières, l'analyse met en évidence des performances très variables d'un troupeau à l'autre, qui sont le signe d'une forte disparité dans les conditions d'élevage des animaux, dans leur équilibre nutritionnel et dans les pathologies qui les touchent.

Ces résultats préliminaires sur les facteurs de risque d'infertilité montrent qu'il est nécessaire de prendre en compte tous les éléments susceptibles d'influer sur les performances de reproduction, en particulier l'alimentation, les bilans nutritionnels énergétique, azoté et minéral, les pratiques de gestion de la reproduction, la pathologie et la production laitière pour pouvoir à terme proposer des plans de prévention adaptés à la situation de chaque élevage. Ils prouvent aussi qu'il est indispensable d'établir un diagnostic précis de l'infertilité de manière à mieux cerner l'origine des dysfonctionnements, ovarienne ou utérine. Les causes dans chacun des cas pourraient être sensiblement différentes.

Jusqu'à présent, les données du suivi de fécondité ne permettaient pas d'apprécier ces facteurs de variation. Un protocole d'étude des facteurs de risque d'infertilité dans les élevages laitiers de l'île a donc été établi récemment par le Cirad afin d'identifier les causes des troubles de la reproduction et de proposer des plans d'amélioration ciblés.



Insémination artificielle à la Sicalait (photo E. Tillard).



Vache à la traite (photo C.E. Bigot).

Cette orientation est générale, y compris en métropole. Un article récent dans la presse professionnelle vétérinaire révèle que « les suivis de reproduction introduits en France dans les années 80 avec enthousiasme connaissent un certain essoufflement sur le terrain depuis plusieurs années. En effet, trop souvent limités aux examens gynécologiques, ils n'ont pu se maintenir dans la durée [...] De nouvelles conceptions sont maintenant avancées. Elles dépassent l'approche purement normative de la reproduction pour n'en retenir que les critères d'alerte. Ceux-ci, associés à un suivi de la production et de la nutrition, orientent vers un diagnostic d'ensemble [...] Des approches originales intègrent les données de la reproduction dans une démarche résolument économique » (TARTERA, 1998).

Cette démarche est également justifiée par le coût de l'infertilité en élevage laitier. Même s'il est difficile à chiffrer, ses conséquences sont nombreuses, diffuses, variables, échelonnées dans le temps et dépendantes du système d'exploitation et des objectifs de l'éleveur. En métropole, l'estimation de ce coût par vache et par jour de retard enregistré sur l'intervalle vêlage-vêlage par

rapport à l'objectif de 370 jours diffère selon les études. En 1987, l'Iteb estimait la perte à 35 francs par jour de retard et à 1 340 francs par réforme involontaire (DANVIN, 1988).

ESSEMONT (cité par SEEGER, 1991) évalue quant à lui ces pertes à un équivalent de 13 litres de lait par jour de retard. Dans tous les cas, les pertes économiques dues aux résultats moyens de reproduction semblent être suffisamment incitatives pour lancer un programme d'action, et cela avec le soutien actif de la filière et des organismes d'encadrement technique.



Ferme de la Sicalait (photo E. Tillard).

Génisse laitière à la Sicalait : 400 kilos à 11 mois (photo E. Tillard).



Dosage de la progestérone dans le lait (photo E. Tillard).

Les performances zotechniques en élevage allaitant et engraisseur

Emmanuel Tillard, Philippe Hassoun, Frédéric Lanot,
Charles-Emile Bigot, Gilles Mandret,
Philippe Brunschwig, Jean-Yves Latchimy

A la Sedaël, près de 50 % des génisses ne sont pas gestantes à l'issue de la première synchronisation. Une faible croissance pourrait compromettre le fonctionnement ovarien des génisses, expliquant qu'une large proportion d'entre elles soit en anœstrus après cette première synchronisation sans succès. Les performances de reproduction des vaches adultes sont très inférieures aux résultats enregistrés en métropole. La fertilité en première lactation chute avec la durée de la lactation ; elle est fortement déprimée en saison cyclonique. Cela incite à regrouper les premiers vêlages en juillet et en août de manière à faire coïncider la période de reproduction avec la saison sèche. Au-delà du second vêlage, les performances s'améliorent. L'intervalle vêlage-insémination fécondante s'élève à 161 jours en moyenne. Quel que soit l'âge, les performances de croissance des veaux issus de races françaises sont inférieures à celles des veaux issus de races plus rustiques comme les zébus Brahman. Deux saisons se distinguent, une saison favorable aux performances de croissance, de juillet à décembre, et une période défavorable, qui coïncide avec la saison pluvieuse. La croissance du veau sous la mère, entre la naissance et 4 mois, conditionne l'expression ultérieure du potentiel génétique. Tout retard de croissance acquis en bas âge ne se rattrape plus. Le début de la lactation doit être considéré à ce titre comme la clé de la rentabilité de l'élevage allaitant. Les variations saisonnières des performances des bovins observées en élevage allaitant ont conduit à envisager un effet du climat sur leur comportement alimentaire. Quelles que soient la saison, l'altitude et la quantité d'herbe disponible, le rythme d'activité des animaux sur 24 heures n'est pas différent. Les animaux pâturent majoritairement le jour et très peu la nuit. Lorsque la hauteur d'herbe descend en dessous de 20 centimètres, le temps de pâturage diurne augmente. En suivant un rythme de rotation et une fertilisation adaptés aux conditions climatiques il est possible d'obtenir de

l'herbe en quantité et en qualité toute l'année. Les fourrages tropicaux habituellement utilisés — canne fourragère et résidus de récolte de la canne à sucre — ont un fort encombrement et une faible valeur nutritive. Comparé à un broyage grossier, un broyage fin à l'aide d'une ensileuse n'augmente les quantités ingérées de ces fourrages que de 0,5 kilo de matière sèche par animal, sans améliorer la croissance. L'utilisation de l'ensilage de maïs permet une meilleure croissance des taurillons en finition. Les travaux actuellement en cours sur l'ensilage de maïs devraient permettre d'améliorer nettement les performances de croissance en engraissement.

Les performances de reproduction à la Sedaël

Depuis son origine, conformément à sa vocation d'étude et de mise au point de techniques d'élevage adaptées au contexte tropical local, la Sedaël a testé sur son troupeau un certain nombre de méthodes d'alimentation, de gestion de la reproduction, de conduite au pâturage et d'amélioration génétique, en vue d'orienter ses futures décisions de conduite d'exploitation. Dans ce cadre, les données de croissance pondérale et de reproduction enregistrées depuis 1980 ont été analysées en collaboration avec le Cirad-Elevage (LANOT, 1994). Elles ont permis d'établir un référentiel zootechnique pour les élevages allaitants. Des données collectées dans une vingtaine d'élevages allaitants adhérents à la Sicarevia entre 1987 et 1990 et qui concernaient des animaux de type « race pays » ont également été exploitées pour cette étude (HERVE, 1991).

Les données disponibles

Les données de reproduction ont été recueillies en continu sur une période de douze ans, de 1980 à 1992, et sur 574 vaches allaitantes, réparties en 11 types génétiques. Les comparaisons entre types génétiques étaient destinées à fournir des éléments objectifs de choix des géniteurs, en race bouchère pure comme en croisements. On dispose ainsi d'informations complètes sur les saillies ou les inséminations (1 375), les vêlages (1 059), les traitements de maîtrise par implants (696), les échographies (228) et les palpations transrectales (1 617), auxquels s'ajoutent 588 notations de l'état corporel enregistrées dans le troupeau pilote.

Les mises bas

Un pic de vêlage est observé entre juin et novembre, comparable à celui qui est relevé dans les élevages allaitants de la Sicarevia ou dans d'autres zones tropicales similaires (GAUTHIER et THIMONIER, 1985). Il correspond à une période optimale de fécondation entre octobre et mars, en saison pluvieuse (figure 65). Les inséminations sont effectuées pour la plupart sur chaleurs induites par traitement hormonal, et régulièrement réparties sur l'année. La réussite des lots de synchronisation de chaleurs est donc également soumise à des variations saisonnières. Les femelles métisses zébus présentent un pic de

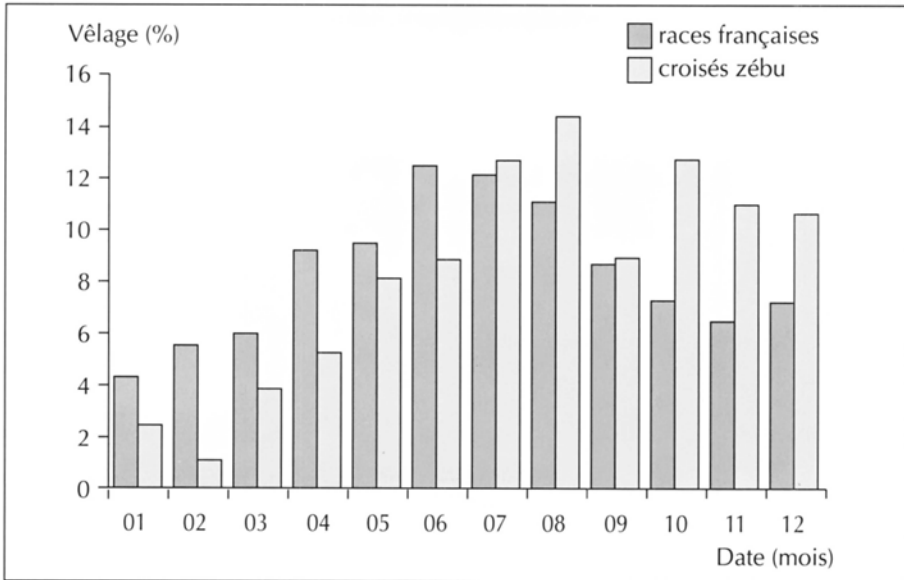


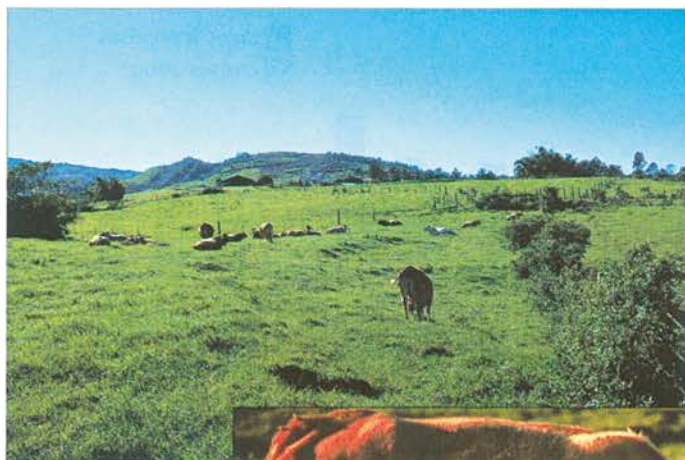
Figure 65. Répartition mensuelle des vêlages enregistrés entre 1986 et 1992, par type génétique : animaux issus de croisements entre races de boucherie françaises ($n = 485$) et animaux métissés zébu Brahman ou Drakensberg ($n = 283$).

vêlage plus tardif et ce, dès le premier vêlage, à la différence des races françaises, dont le premier vêlage apparaît peu saisonné. Les différences entre années successives ne sont pas significatives.

Le tableau 50 résume les performances de reproduction moyennes enregistrées à la Sedael. Certaines saillies non fécondantes ne sont pas détectées et un grand nombre de dates de fécondation par saillie ont dû être extrapolées d'après la date de vêlage. Il faut donc pondérer à la baisse les chiffres obtenus

Tableau 50. Résultats de reproduction : données générales depuis 1989. Les intervalles entre mises bas comprenant un avortement sont exclus du calcul de l'intervalle entre vêlages.

	Moyenne	Génisses	Vaches
Intervalle vêlage-vêlage (j)	470 ± 123		
Intervalle vêlage-insémination première (j)	132 ± 91		
Intervalle vêlage-insémination fécondante (j)	183 ± 125		
Nombre de saillies par fécondation	0,74	0,57	0,91
Nombre d'inséminations artificielles par fécondation	0,85	0,98	0,73
Taux de fécondation (%)	63	65	61
Age au 1 ^{er} vêlage (mois)	42,3 ± 5,8		



*Pâturages
de la Sedael
(photo
P. Hassoun).*



*Femelle
allaitante
et son veau
à la Sedael
(photo
P. Hassoun).*

pour l'intervalle vêlage-insémination première et le taux de fécondation, à la hausse ceux du nombre de saillies par fécondation et de l'intervalle insémination première-insémination fécondante.

La reproduction des génisses

Toutes les génisses subissent à leur entrée en reproduction une induction et une synchronisation de chaleurs à la progestérone. Le taux de gestation sur l'insémination première, calculé à partir des constats de gestation réalisés à 3 mois, est de 45,6 % ; 47,9 % des génisses ne sont pas gestantes à 3 mois. Les facteurs significatifs de variation du taux de réussite en première synchronisation sur génisses sont l'année, la saison et la croissance réalisée dans les 90 jours précédant le traitement (tableau 51). Il n'y a pas de différence significative entre les types génétiques

Sur quatre ans, la dégradation des résultats est nette. Le fait le plus marquant est l'augmentation de l'incidence de la mortalité embryonnaire, qui pourrait

Tableau 51. Résultats obtenus en première synchronisation depuis 1989, pour les génisses : effet de l'année, de la saison et de la croissance avant la reproduction.

	nombre de génisses	Génisse vide (%)	Génisse gestante (%)	Mortalité embryonnaire (%)
Année du traitement **				
1989	68	45,6	50,0	4,4
1990	92	43,5	51,1	4,3
1991	97	55,7	41,2	4,1
1992	86	46,5	40,7	12,8
Saison **				
février à avril	114	50,0	41,2	8,8
mai à juillet	77	46,8	42,9	10,4
août à octobre	90	53,3	46,7	0,0
novembre à janvier	97	41,2	52,6	6,2
Gains moyens quotidiens 3 mois avant la reproduction *				
< 260 g/j	87	48,3	43,7	8,0
260 à 440 g/j	91	50,5	44,0	5,5
440 à 570 g/j	84	50,0	42,9	7,1
> 570 g/j	94	42,6	51,1	6,4

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

être due au changement de schéma d'insémination : 36 et 60 heures après le retrait d'implant jusqu'au milieu de l'année 1990, 48 et 72 heures, par la suite. L'étude plus fine de la réussite de chacune des deux inséminations d'une intervention double par des contrôles de paternité montre que les génisses sont fécondées en moyenne plus tôt que les vaches (48 et 60 heures après insémination respectivement), ce qui incite à conseiller un schéma de 36 et 60 heures pour les génisses et de 48 et 72 heures pour les vaches.

Le taux de non fécondation est inférieur au quatrième trimestre, probablement parce qu'un nombre plus élevé de génisses présente une activité ovarienne cyclique spontanée durant cette saison. La différence reste cependant modérée et ne justifie pas à elle seule la mise en place d'un saisonnement des entrées en reproduction. L'effet de la croissance dans les trois mois qui précèdent l'entrée en reproduction est vraisemblablement lié à l'effet saisonnier car on ne dégage aucun effet des croissances antérieures (naissance-sevrage, postsevrage et sevrage-reproduction) sur le taux de réussite en première synchronisation. Il est difficile de discerner lesquels des facteurs extérieurs (alimentation, climat, pathologie) influent sur le démarrage de l'activité ovarienne des génisses. On peut toutefois conseiller de constituer des lots de préparation à la reproduction regroupant des génisses de 350 à 400 kilos, l'objectif étant d'assurer une croissance supérieure à 600 grammes par jour pendant les trois mois précédant l'entrée en reproduction.

La saillie des génisses non gestantes après la première synchronisation est assurée à la Sedaël par un taureau. La croissance depuis le sevrage et la saison ont un effet significatif sur l'intervalle insémination première-insémination fécondante (tableau 52). L'intérêt de placer les génisses en reproduction aux troisième et quatrième trimestres apparaît là beaucoup plus clairement. Environ 20 % des femelles ayant reçu l'insémination artificielle première entre mars et mai n'étaient probablement pas en état de se reproduire. En aucun cas les traitements hormonaux ne pourront pallier une mauvaise croissance, ni gommer artificiellement l'effet de conditions extérieures difficiles. En raison du coût de ces traitements, les critères de choix des génisses à inséminer pourraient être, outre un poids vif suffisant, la croissance enregistrée dans les trois mois précédents ou une estimation de l'état corporel.

L'âge au premier vêlage est plus tardif de 6 à 9 mois par rapport à celui qui est observé chez les génisses des élevages allaitants (HERVE, 1991) ou à celui qui est régulièrement enregistré chez les Limousines et les Blondes en métropole, qui avoisine 33 à 36 mois (COMBEAU, 1996). Les résultats précédents montrent que de meilleures conditions d'alimentation et une conduite raisonnée de la reproduction (saison) permettraient de réduire ce décalage.

Tableau 52. Intervalle entre l'insémination première et l'intervention fécondante (I1-I2) et proportion de génisses vides 50 jours après la première synchronisation (I1-I2 > 50 j) : effet de la saison et de la croissance.

	Nombre de génisses	I1-I2 (j)	I1-I2 > 50 j (%)
Saison de reproduction *			
décembre à février	46	84	44
mars à mai	29	87	55
juin à août	37	52	27
septembre à novembre	40	59	45
Gains moyens quotidiens entre sevrage et reproduction *			
< 230 g/j	38	87	58
230 à 270 g/j	35	73	47
270 à 320 g/j	38	60	34
> 320 g/j	39	61	28

* : $p < 0,05$.

La reproduction des vaches adultes

Les performances de reproduction des primipares sont très différentes de celles des vaches multipares ; elles sont présentées séparément. L'intervalle entre la première mise bas et la fécondation suivante est en moyenne de 235 jours (écart type de 137), 66 % de ces femelles ayant un intervalle supérieur à 150 jours. Comme dans les autres zones tropicales, cet intervalle vêlage-insémination

fécondante est très supérieur aux normes des zones tempérées, qui oscillent entre 70 et 160 jours pour les Blondes et les Limousines (BERGES *et al.*, 1990 ; COMBEAU, 1996). Cette variable est hautement dépendante de la durée de lactation et, dans une moindre mesure, de la saison du premier vêlage et de la race (tableau 53). Plus de la moitié des primipares ne sont fécondées qu'après le sevrage du premier veau, à 10 mois, ou lorsque la ponction réalisée par la tétée devient mineure (figure 66). La lactation, prioritaire à ce stade physiologique et souvent maintenue au détriment de l'état corporel, a une incidence directe sur le fonctionnement ovarien (PACCARD et GRIMARD, 1988).

Tableau 53. Intervalle vêlage-insémination fécondante (V-If) chez les primipares et proportion d'animaux ayant un intervalle vêlage-insémination fécondante supérieur à 150 jours (V-If \geq 150 j) : effet de la durée de la lactation, du gain moyen quotidien sur 90 jours post-partum, de la saison et du type génétique.

	Nombre d'animaux	V-If (j)	V-If \geq 150 j (%)
Durée de la 1 ^{re} lactation **			
< 1 mois	35	114	29
1 à 6 mois	6	272	67
> 6 mois	133	265	75
Gains moyens quotidiens sur 90 j post-partum *			
< - 100 g/j	16	206	94
- 100 à 50 g/j	16	135	75
> 50 g/j	16	101	38
Saison du 1 ^{er} vêlage *			
janvier à mars	29	219	62
avril à juin	39	189	51
juillet à septembre	58	268	71
octobre à décembre	51	243	70
Type génétique *			
× Zébus	46	246	68
Limousines	36	170	50
Limousines × Blondes	48	246	64
Blondes	25	277	80

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

Il est probable que les performances de reproduction des primipares subissent les effets conjugués d'un anœstrus de lactation et d'un anœstrus saisonnier. Une large proportion (68 %) des femelles ayant vêlé au second trimestre est fécondée avant la saison cyclonique de décembre alors que 72 % des primipares ayant vêlé au troisième trimestre sont encore vides au 1^{er} février (figure 67). Dans cette dernière catégorie d'animaux, les retards dus aux mauvaises conditions d'entretien de la saison des pluies aboutissent à un intervalle moyen entre vêlages successifs de 556 jours.

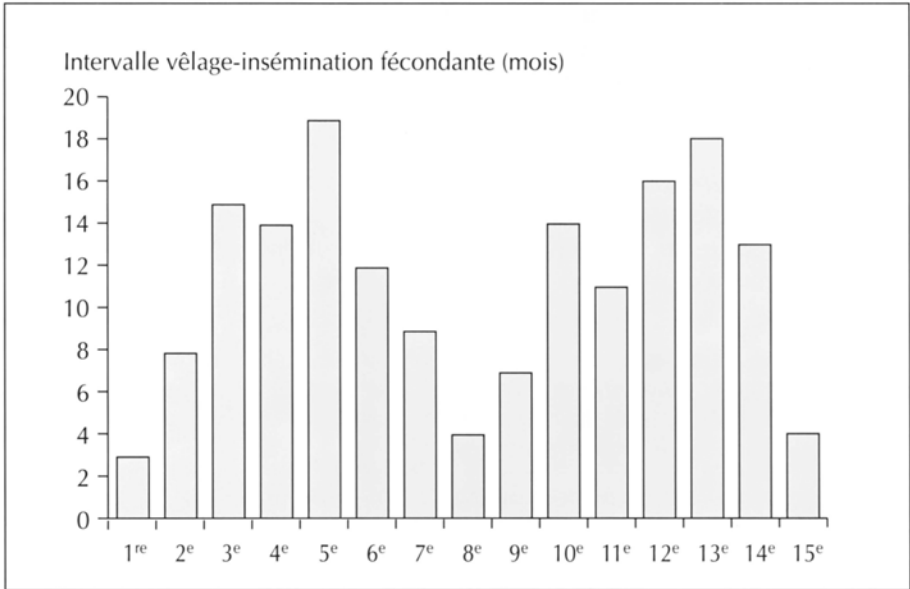


Figure 66. Répartition des intervalles vêlage-insémination fécondante suivant la première mise bas, en mois.

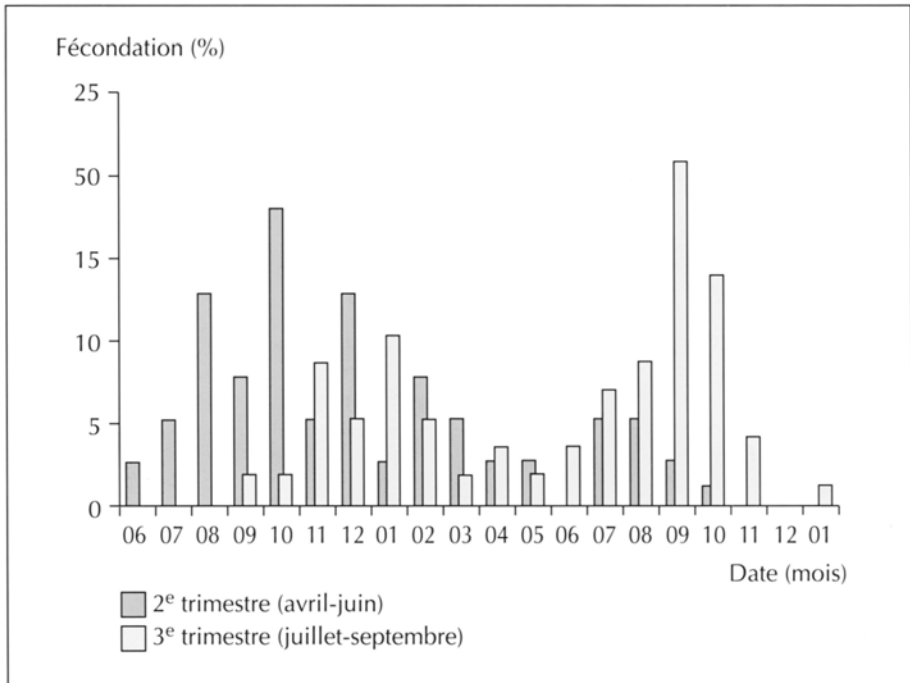


Figure 67. Répartition mensuelle des fécondations pour des animaux ayant vêlé au 2^e et au 3^e trimestre.

Compte tenu de l'existence de ce fort effet saisonnier et de ses conséquences sur le choix des options de conduite du troupeau de mères, on peut conseiller de grouper les premiers vêlages en juillet et en août, pour un sevrage des veaux à partir du début du mois de juin de l'année suivante. Tous ces éléments désignent la gestion du début de la première lactation comme un élément critique du point de vue économique. Le type génétique est significatif ; les meilleurs intervalles vêlage-insémination fécondante sont enregistrés chez les Limousines.

Au-delà du second vêlage (tableau 54), les performances s'améliorent : l'intervalle vêlage-insémination fécondante s'élève à 161 jours, en moyenne, et à 149 jours si on ne prend en compte que les mises bas de rang supérieur ou égal à 3. Ces valeurs sont légèrement supérieures (+ 19 jours) à celles que l'on observe dans les élevages allaitants (142 jours) (HERVE, 1991), et très supérieures aux résultats observés sur les races allaitantes en métropole (VALLET et MANIERE, 1988). A la Sedaël, seules 42 % des vaches sont fécondées dans un délai de 110 jours après vêlage (objectif de production). Les facteurs de variation de l'intervalle vêlage-insémination fécondante sont comparables à ceux qui ont été mis en évidence pour les primipares, avec une atténuation des effets au fil des gestations.

Tableau 54. Intervalle vêlage-insémination fécondante (V-If) chez les multipares et proportion d'animaux ayant un intervalle vêlage-insémination fécondante supérieur à 110 jours (V-If \geq 110 j) : effet de la durée de la lactation, du rang et de la saison.

	Effectif	V-If (j)	V-If \geq 110 j (%)
Durée de la lactation précédente **			
< 1 mois	35	68	12
1 à 6 mois	10	120	40
> 6 mois	388	172	64
Rang de mise bas **			
2	149	185	69
3	103	156	56
> 3	195	145	51
Saison du vêlage **			
février à avril	64	129	59
mai à juillet	175	165	62
août à octobre	126	162	50
novembre à janvier	77	177	60

** : $p < 0,01$.

Le taux de gestation sur saillie ou sur insémination sur chaleurs induites est plus faible pendant la saison cyclonique. Une proportion notable de femelles se trouve en anœstrus en saison des pluies. Si l'on peut suspecter une plus grande fréquence des cas de mortalité embryonnaire, aucun des paramètres enregistrés à la Sedaël n'a permis de déterminer l'origine de ce problème. Il

importe de poursuivre l'étude des facteurs associés à l'infertilité directement dans les élevages allaitants, en particulier l'équilibre nutritionnel de la période post-partum et la pathologie de la reproduction (métrites).

L'incidence des avortements se maintient à un niveau sporadique, stable (4 % des mises bas) et voisin de celui que l'on observe en moyenne en zone tempérée (VALLET et MANIERE, 1988). Cependant, aucune recherche n'a pu mettre en évidence jusqu'à présent la présence d'agents étiologiques infectieux. Des dosages plasmatiques de la PSG60 ont permis d'estimer le taux de mortalité embryonnaire tardive moyen, entre 17 et 45 jours de gestation, à 8,5 % des inséminations, taux habituellement observé en zones tempérées. Le taux annuel a cependant doublé en deux ans, et on peut penser que l'arrivée du virus de la maladie des muqueuses (*bovine virus diarrhea virus*) à la Sedaël, aujourd'hui maîtrisé, n'y est pas étrangère. Dans tous les cas, les répercussions de la mortalité embryonnaire tardive sur les performances de reproduction sont importantes.

Conclusion

Les meilleurs résultats de reproduction sont associés aux meilleures performances de croissance antérieures. Les effets négatifs de la saison des pluies sur la fertilité sont probablement liés aux mauvaises conditions d'alimentation des animaux durant cette période. Les résultats observés à la Sedaël montrent donc que les performances de reproduction sont largement dépendantes du rythme de croissance au cours de la période d'élevage.

La croissance pondérale

Les données disponibles

Des pesées ont été effectuées très régulièrement depuis 1986. Elles permettent de décrire avec précision la croissance des femelles, depuis leur naissance jusqu'à leur mise en reproduction, et des mâles, jusqu'à la vente. Les pesées brutes sont converties en poids à âge type par interpolation. On envisage successivement la croissance entre la naissance et le sevrage, dans les trois mois suivant le sevrage, chez les génisses, les taureaux et les femelles primipares (LANOT, 1994).

La croissance de la naissance au sevrage

Le poids de naissance moyen est de 35,4 kilos pour les veaux Limousins, de 41,5 kilos pour les Blondes et de 37,2 kilos pour les croisés de ces races. Les valeurs en zone tempérée sont de 39 kilos pour les veaux Limousins et de

46 kilos pour les Blonds (COMBEAU, 1996). On observe entre 1986 et 1992 une augmentation régulière du poids à la naissance qui s'accompagne d'une hausse significative du taux de mortalité néonatale (7,6 % des naissances simples). L'évolution du poids à la naissance est le fait d'une meilleure préparation au vêlage. Les pertes au vêlage sont surtout importantes au cours des mises bas de premier rang (18,9 %) et lors de naissances multiples (38,5 % de jumeaux morts dans les 48 premières heures). Dans le cas des primipares, la mortalité néonatale est probablement imputable à des dystocies, elles-mêmes liées à un déficit alimentaire dans le dernier tiers de la gestation (TROCCON et PETIT, 1989).

On décompose la croissance de la naissance au sevrage en deux périodes, l'une allant de la naissance à 4 mois, fortement dépendante de la lactation de la mère, l'autre allant de 4 mois au sevrage, période durant laquelle l'apport alimentaire issu du pâturage et de la complémentation s'accroît progressivement.

L'effet de l'année de mesure est hautement significatif ($p < 0,001$) sur toutes les variables de description de la croissance sous la mère (figure 68), avec près de 20 % d'augmentation des poids moyens à 120 et 210 jours en cinq ans. Cette tendance témoigne d'une nette amélioration de la gestion de l'alimentation, qui a permis de gagner 40 kilos sur le poids moyen au sevrage au cours de la période d'étude. De ce fait, dans la suite de l'analyse, les données sont corrigées des effets de l'année et du sexe pour les autres comparaisons.

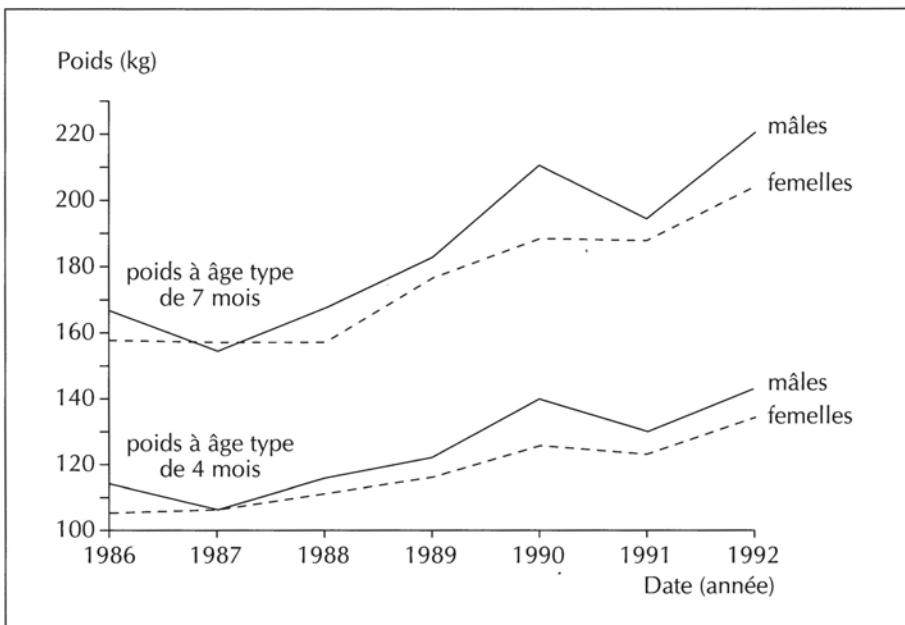


Figure 68. Evolution des poids à âge type de 120 jours et de 210 jours, entre 1986 et 1992.

Les veaux des génisses françaises sont significativement plus légers de 23 kilos à 4 mois (106 contre 129) et de 33 kilos à 7 mois (160 contre 193) par rapport aux produits des multipares de mêmes races ($p < 0,001$). Ce phénomène, classique mais rarement observé dans de telles proportions, reflète une perte d'état corporel excessive des primipares en début de lactation, susceptible, comme on l'a vu précédemment, de compromettre leurs performances futures de reproduction. A l'inverse, l'effet du rang de lactation sur le poids à 4 mois n'est pas significatif pour les veaux nés de mère métissée zébu.

Les résultats de croissance enregistrés par saison de naissance et par type génétique sont présentés dans le tableau 55. Le mois de naissance a un effet hautement significatif ($p < 0,001$) sur la croissance des veaux (figure 69). On distingue deux saisons, l'une de faible croît, entre janvier et juin, l'autre plus favorable, de juillet à décembre. La croissance de présevrage s'échelonne sur les deux périodes, et leurs effets respectifs se compensent. Il en résulte un nivellement des variations liées au mois de naissance sur le poids et l'âge de sevrage.

En toute saison et dans les deux sexes, les veaux zébus sont plus lourds à 4 mois que ceux qui sont nés de mère taurine. Aucune différence liée au génotype du père n'est décelée, ce qui confirme que le début de la croissance est sous la dépendance majeure des qualités maternelles. Pendant la saison cyclonique, défavorable à la croissance, les gains moyens quotidiens de la naissance à 4 mois enregistrés pour les Limousins, les Blancs d'Aquitaine ou leurs

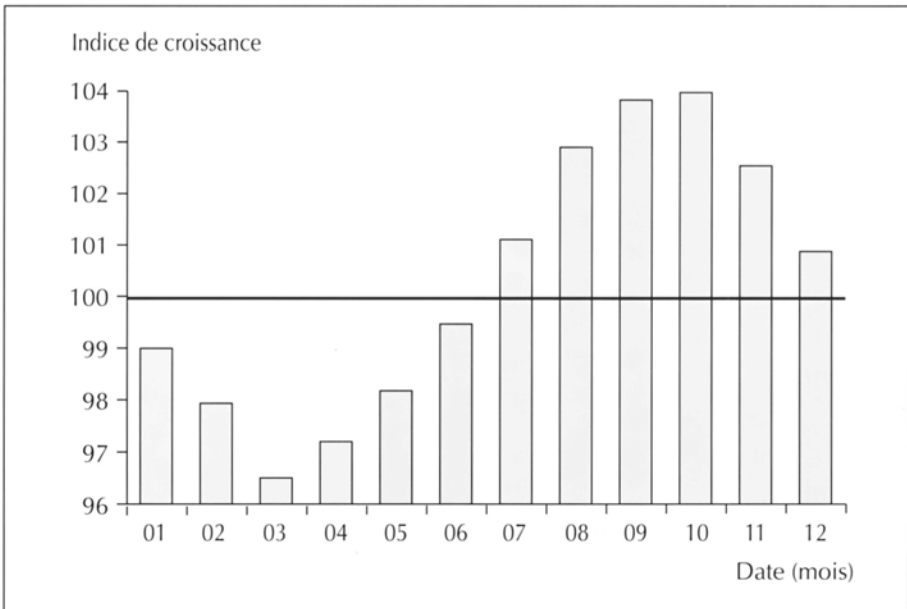


Figure 69. Indice synthétique mensuel de croissance des veaux (moyenne annuelle 100).

Tableau 55. Poids à la naissance (PAT0), à 4 et à 7 mois (PAT4 et PAT7), gains moyens quotidiens entre la naissance et 4 mois (GMQ 0-4) et de 4 à 7 mois (GMQ 4-7), en fonction du sexe, du type génétique et de la saison de croissance.

Naissance	Saison favorable pour la croissance : juin-novembre								Saison défavorable pour la croissance : décembre-mai							
	juin à octobre				mars à juillet				novembre à mai				août à février			
	Nb	PAT0 (kg)	PAT4 (kg)	GMQ 0-4 (g/j)	Nb	PAT4 (kg)	PAT7 (kg)	GMQ 4-7 (g/j)	Nb	PAT0 (kg)	PAT4 (kg)	GMQ 0-4 (g/j)	Nb	PAT4 (kg)	PAT7 (kg)	GMQ 4-7 (g/j)
Mâles																
• Zébus	55	37,6	136,9	828	26	137,3*	205,2	754	28	37,8	129,3*	763*	47	132,8*	185,8*	589
• Zébus mère fr. ¹	15	39,0	127,3	736	18	121,3	184,7	704	20	38,2	113,1	624	15	117,5	162,7	502
• Limousins	20	36,7	132,2	796	21	122,6	196,9	826	23	37,3	115,4	651	17	126,5	183,6	634*
• Blonds	24	41,2	127,6	720	14	123,9	182,2	647	10	40,3	114,2	616	18	124,4	183,8	660*
• Limousin × Blond	46	37,9	129,8	766	49	124,3	194,6	781	44	38,0	118,5	671	40	124,4	187,3	699*
Femelles																
• Zébus	54	32,9	127,2*	786*	43	124,5*	186,8*	692	39	31,6	117,6	717	43	158,0	174,3	578
• Zébus mère fr. ¹	30	33,1	106,1	608	28	106,6	164,1	638	28	33,6	114,1	671	29	147,1	166,3	591
• Limousins	28	34,5	119,5	708	24	109,7	169,5	664	23	35,3	112,3	642	27	159,6	180,1	647*
• Blonds	20	36,8	112,0	627	25	108,6	168,8	669	19	38,8	112,3	613	14	153,0	167,8	548
• Limousin × Blonds	58	34,7	121,3	722	47	120,8*	183,4*	696	53	36,1	115,1	658	57	150,3	164,9	537

* : $p < 0,05$.

1. Mère française.

croisements sont très éloignés du potentiel théorique (COMBEAU, 1996). La forme même des courbes de poids, quasi rectiligne pour les zébus et infléchie entre 2 et 4 mois chez les veaux issus de mère française après un départ correct, suggère une chute de lactation à partir de son pic (figure 70). On retrouve une croissance de la naissance à 4 mois de même type pendant la saison favorable. Les veaux zébu réalisent une croissance régulière avec un effet de la saison peu marqué. Les Limousins et les croisés Limousin-Blond réalisent des performances acceptables en saison sèche et médiocres en saison des pluies. Leur croissance est limitée par l'état des mères en période de post-partum, comme le suggèrent les mauvaises performances des métis zébus. Il semble donc que la femelle zébu valorise mieux le pâturage ou que la taurine ait une moindre capacité à maintenir la lactation au détriment de son état corporel.

Les écarts de croissance liés au type génétique sont moins nets à 7 mois qu'avant 4 mois (tableau 55). En saison favorable, les écarts acquis à 4 mois se maintiennent, et les Limousins et Blonds purs ne rattrapent pas le retard pris sur les zébus entre la naissance et 4 mois. Au contraire, en saison défavorable, les mâles Limousins, Blonds et métis de ces races et les femelles Limousines réalisent une croissance de 4 à 7 mois supérieure à celle des autres groupes et arrivent à compenser leur retard.

De manière générale, on observe que la qualité du début de la croissance conditionne la faculté d'expression du potentiel génétique après 4 mois. On

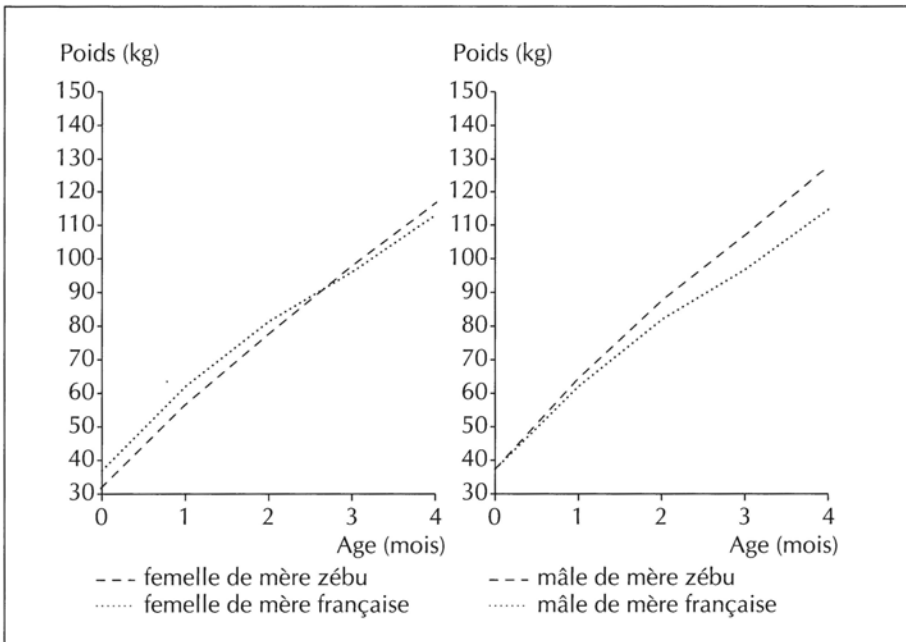


Figure 70. Croissance jusqu'à 4 mois en saison défavorable (naissances de novembre à mai), en fonction du type génétique de la mère et du sexe du veau.

peut estimer qu'un gain moyen quotidien supérieur à 850 grammes par jour avant 4 mois, objectif très raisonnable pour les races utilisées et les conditions d'élevage, met le veau en position de maintenir une croissance soutenue, y compris en saison difficile, et d'atteindre un poids suffisant pour le sevrage, supérieur à 230 kilos, vers 8 mois. En réalité, ceux-ci sont sevrés en moyenne vers 10 mois à un poids de 262 kilos pour les mâles et 248 pour les femelles, soit des gains moyens quotidiens respectifs de 746 et 706 grammes par jour entre la naissance et le sevrage.

En conclusion, la croissance des veaux sous la mère paraît dépendre plus des conditions d'élevage que de leur potentiel génétique, comme le laissent penser l'écart des performances par rapport au standard des races de boucherie utilisées et les résultats intéressants obtenus avec des souches rustiques, comme le zébu Brahman. Le respect d'une complémentation suffisante de la mère et du veau, en particulier chez les primipares, devrait rapidement permettre d'améliorer les performances de croissance. Les pertes imputables à une gestion déficiente du post-partum, qu'elles soient directes (retard de croissance au sevrage, pathologie infectieuse utérine) ou indirectes (sensibilité des veaux aux maladies, retard à la reprise de l'activité ovarienne des mères, performances futures des reproductrices ayant souffert au départ de croissance), sont telles que le début de la lactation doit être considéré encore une fois comme la clé de la rentabilité de l'élevage. Le choix d'un type de conduite du troupeau doit être dicté en premier lieu par la recherche de possibilités techniques de surveillance et d'action dans les trois mois suivant la mise bas.

La croissance après le sevrage

Le sevrage constitue un stress intense chez les broutards de la Sedaël, en particulier chez les mâles, avec en moyenne un quasi-arrêt de la croissance dans le mois qui suit, alors qu'une croissance de postsevrage de 800 grammes par jour est généralement requise pour obtenir un premier vêlage à 3 ans (tableau 56). L'intensité de ce stress varie largement avec la saison du sevrage et le type génétique, les veaux zébus ayant encore une fois les moins mauvaises performances en saison cyclonique.

Tableau 56. Valeurs moyennes du gain moyen quotidien réalisé sur 1 mois et 3 mois après le sevrage.

	Gain moyen quotidien 1 mois après le sevrage (g/j)		Gain moyen quotidien 3 mois après le sevrage (g/j)	
	Effectif	Moyenne	Effectif	Moyenne
Mâles	176	8	154	74
Femelles	359	129	347	134

On peut donc définir, comme pour les croissances de présevrage, une saison favorable pour le sevrage des veaux, d'août à décembre, et une saison défavorable, de janvier à juillet. Cependant, quelle que soit la saison du sevrage, le retard pris au sevrage n'est jamais rattrapé par la suite (figure 71).

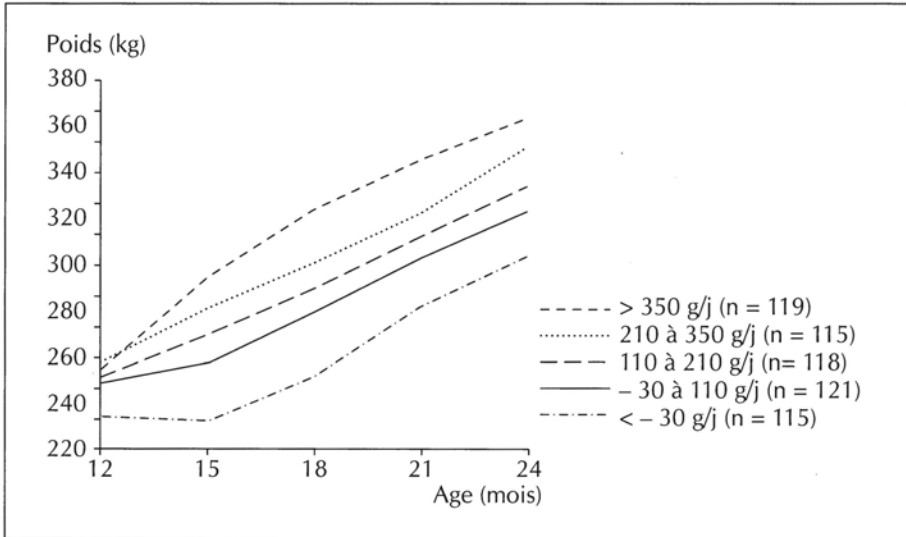


Figure 71. Croissance des génisses entre 12 et 24 mois : influence de la croissance réalisée sur 90 jours en postsevrage.

La croissance du sevrage à la reproduction

Les résultats moyens de croissance des génisses restent très inférieurs au potentiel des races bouchères spécialisées (tableau 57). Le gain moyen quotidien réalisé entre le sevrage et l'entrée en reproduction est passé en moyenne de 260 grammes par jour en 1986 à 363 grammes par jour en 1990. Cette tendance prouve qu'un gain moyen quotidien de 500 grammes par jour est un objectif réaliste, qui permettrait de placer en reproduction des génisses de 24 mois à plus de 450 kilos, et d'obtenir un premier vêlage avant 3 ans (TROCCON et PETIT, 1989 ; GRENET, 1991).

Tableau 57. Performances moyennes des génisses entre le sevrage et l'entrée en reproduction (GMQ : gain moyen quotidien).

	GMQ du sevrage à la reproduction (g/j)	GMQ de 90 j après le sevrage à la reproduction (g/j)	Age de reproduction (mois)	Poids à la reproduction (kg)
Effectif	414	414	415	414
Moyenne	290 ± 81	313 ± 87	31,3 ± 5,8	414 ± 29

La croissance des génisses et des taurillons est également sujette à des variations saisonnières marquées, superposables à celles qui sont observées pour la croissance de présevrage, avec cependant une amplitude des écarts intersaisonniers supérieur, de l'ordre de $\pm 20\%$ (figure 72). En moyenne, la croissance des génisses entre 12 et 30 mois a été réalisée pour 72 % au cours de la période de mai à novembre, toutes races confondues. Les améliorations qui pourront être proposées, particulièrement dans la gestion du pâturage et la complémentation, aideront certainement à limiter les pertes en saison cyclonique. La gestion du troupeau doit dans tous les cas être orientée vers un seul but : éviter que les stades sensibles de la croissance ou de la reproduction ne se déroulent en saison cyclonique, sur les six premiers mois de l'année.

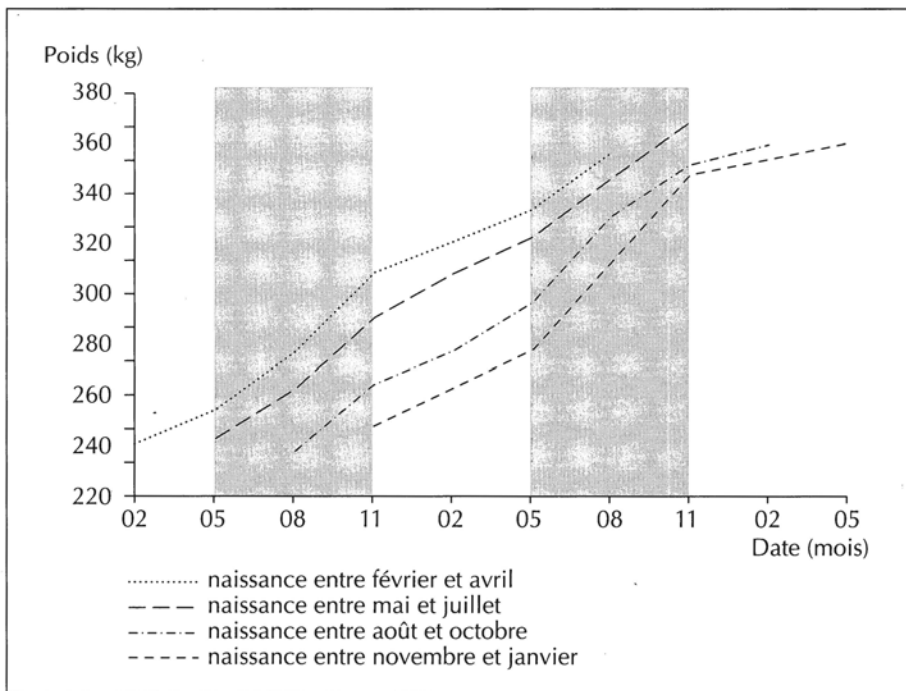


Figure 72. Croissance des génisses entre 12 et 30 mois en fonction de la saison de naissance (moyenne des poids réels enregistrés depuis 1986).

On note une relation très significative entre la croissance dans les trois mois suivant le sevrage et la croissance de 3 mois après le sevrage à la mise en reproduction (figure 71). Les 67 génisses ayant réalisé plus de 800 grammes par jour entre la naissance et le sevrage ont une croissance de 3 mois après le sevrage à la mise en reproduction significativement supérieure ($p < 0,01$), même si la différence avec les animaux à moins de 800 grammes par jour reste faible : en moyenne, 345 grammes par jour contre 313, soit 17 kilos sur 18 mois de croissance. L'écart des poids à 15 mois entre les deux groupes pré-

sentant des gains moyens quotidiens de postsevrage extrêmes est de 62 kilos et correspond, pour une croissance moyenne de 350 grammes par jour après 15 mois, à un retard moyen à la mise en reproduction d'environ 6 mois.

Chez les mâles, la supériorité des zébus par rapport aux races françaises est encore plus nette que pour les femelles en ce qui concerne la croissance de 12 à 30 mois. On aboutit aux mêmes conclusions que pour la croissance des génisses entre le sevrage et l'entrée en reproduction : bonnes performances des races rustiques, importance des variations saisonnières, absence d'effet des races françaises.

Conclusion

On constate une fois de plus que les qualités de rusticité priment largement sur le potentiel génétique de performance bouchère. L'insémination artificielle en race française n'améliore aucun des paramètres de croissance des génisses, et les meilleurs résultats sont invariablement obtenus avec des animaux croisés de races rustiques, sans doute moins sensibles aux mauvaises conditions d'élevage. On peut néanmoins espérer une amélioration importante et rapide des résultats enregistrés en races françaises spécialisées si les stades critiques, et en tout premier lieu le sevrage, peuvent bénéficier d'une attention particulière.

Le travail sur l'alimentation et la gestion du pâturage a déjà permis des progrès sensibles, même si les résultats font toujours apparaître un effet marqué de la saison. Un essai de pâturage permanent a été installé en juillet 1990 avec 59 génisses. Celles-ci y ont séjourné pendant plus de cent jours consécutifs. Leur croissance moyenne a été de 465 grammes par jour (écart type de 136), supérieure d'environ 50 % à celle qui a été obtenue pour l'ensemble des génisses sur la même période en pâturages tournants. Ce surcroît est plus net pendant la saison défavorable, de janvier à juin (+ 61 %) que sur la seconde moitié de l'année (+ 44 %). On peut penser que les chutes de croissance constatées en saison humide sur pâturages tournants sont liées, au moins en partie, au rythme de rotation des parcelles trop lent et en conséquence au stade végétatif trop avancé de l'herbe consommée.

Il y a tout lieu d'espérer que dans les années à venir, avec une meilleure connaissance des caractères propres du pâturage sur kikuyu, les animaux seront mieux à même d'exprimer leur potentiel génétique, en particulier les races améliorées importées de métropole, qui conservent de très loin la préférence des professionnels réunionnais.

L'étude des performances de croissance des différents types génétiques permet donc de préciser certaines tendances et de formuler des axes de recherche. Dans le cas de la Sedaël, il faut cependant être conscient que les performances qui y sont enregistrées ne sont pas représentatives de celles de l'ensemble des élevages naisseurs et engraisseurs de l'île, et qu'elles demeurent par conséquent insuffisantes pour juger du choix de telle ou telle race, à l'échelle de la filière tout entière.



*Troupeau allaitant
à la Sedaël
(photo
P. Hassoun).*

*Veau sous la mère
au piton de l'Eau
(photo P. Hassoun).*



Le comportement alimentaire des bovins au pâturage

Les performances des bovins allaitants constatées et analysées à la ferme de la Sedaël (LANOT, 1994) font clairement apparaître une diminution des performances pendant la saison chaude. Le climat peut avoir un effet direct sur l'animal — forte température, pluviométrie et hygrométrie élevées, etc. —, mais aussi l'alimentation — quantités ingérées, satisfaction des besoins. Les travaux conduits sur la gestion raisonnée des prairies d'altitude (BLANFORT, 1998) ont montré l'importance des rythmes de rotation, de la nature et des doses d'engrais appliquées et de la gestion du disponible fourrager aux différentes périodes climatiques pour fournir, entre autres, le potentiel fourrager le plus régulier possible aux animaux. Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à cette situation et pour faire le lien entre les conseils agronomiques et les performances animales sur pâturage, un programme orienté vers le comportement alimentaire des bovins au pâturage a été mis en place.

La méthodologie d'approche

L'ensemble des mesures s'effectuant en conditions réelles d'exploitation, une première étude a consisté à valider la faisabilité des mesures avec un ou deux observateurs isolés (HASSOUN, 1996). Au cours de cette étude, les différents paramètres d'observation ont été définis : enregistrement des activités — pâture, rumination, repos, abreuvement — à l'échelle individuelle, le jour toutes les 10 minutes, ou à l'échelle du troupeau, la nuit toutes les 15 minutes. Pour les mesures individuelles, les animaux étaient soit marqués (chiffre peint), soit identifiables par leurs caractères phénotypiques (couleur de la robe, présence de cornes, forme des cornes...). Les observations étaient effectuées le deuxième jour (entrée) ou le dernier jour (sortie) de présence sur la parcelle. Les mesures étaient réalisées entre février et août, afin de couvrir une partie de la saison chaude et humide et l'hiver austral, sur des parcelles de 0,7 à 1 hectare, incluses dans le cycle de rotation normal de l'exploitation. L'étude comportementale proprement dite a été conduite au cours de deux années successives. Les troupeaux observés étaient tous conduits en pâturage tournant de kikuyu ou de graminées tempérées (dans un cas).

Un premier essai a été conduit à la ferme de la Sedaël à 700 mètres d'altitude (exploitation A) avec un troupeau allaitant de 25 animaux adultes, dont un taureau, conduit sur 5,4 hectares de kikuyu. Le comportement de 12 mères a été mesuré à l'entrée et à la sortie de deux parcelles consécutives.

Un deuxième essai a été réalisé dans trois exploitations A, B et C situées respectivement à 700, 1 100 et 1 600 mètres d'altitude. Les observations ont été conduites sur une parcelle par exploitation, uniquement en entrée à chaque cycle de rotation. Les enregistrements ont couvert la période diurne à chaque passage sur la parcelle et ont été complétés par des mesures nocturnes à chaque grande période climatique (été, automne et hiver). Seul le troupeau adulte de l'exploitation A a reçu 1 kilo d'aliment concentré par jour et par animal en plus de pierres à lécher.

Des mesures de hauteur d'herbe en entrée de parcelle, et en sortie pour le premier essai, complétées par un prélèvement d'herbe pour en déterminer la valeur nutritive ont permis d'évaluer le disponible et la qualité de l'herbe offerte. La qualité du pâturage est appréciée par la mesure de la dégradabilité enzymatique de la matière organique.

La qualité et la quantité d'herbe offerte

Globalement les parcelles des exploitations B et C sont de meilleure qualité que celle de A avec des dégradabilités enzymatiques de la matière organique supérieures, en particulier dans l'exploitation B (figure 73). Les parcelles A et B sont essentiellement constituées de kikuyu alors que la parcelle C est composée de kikuyu et de graminées tempérées (dactyle, flouve...). La meilleure

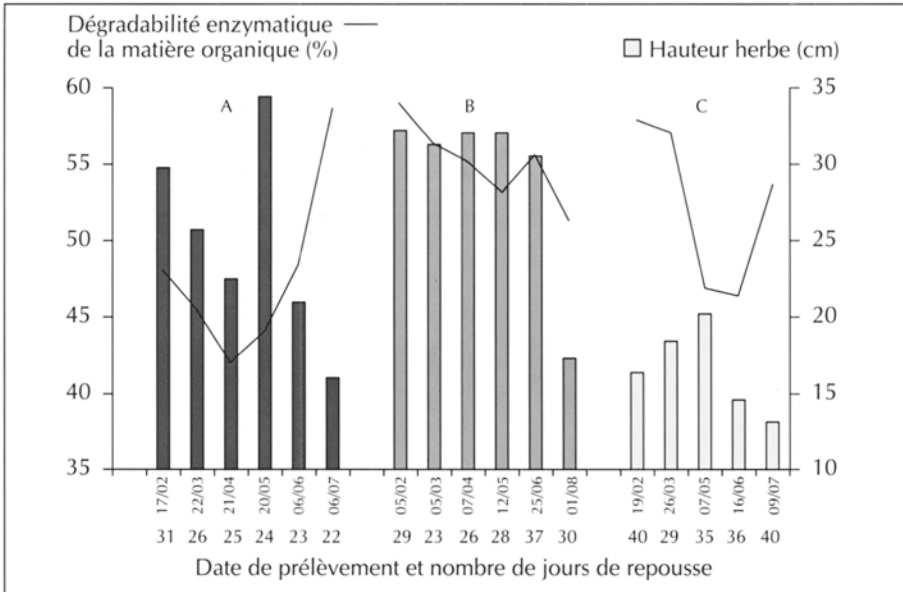


Figure 73. Evolution de la dégradabilité enzymatique de la matière organique et de la hauteur d'herbe mesurées à l'entrée des parcelles A, B et C au cours des différents cycles de rotation.

qualité du pâturage de B est la résultante de plusieurs facteurs favorables : une altitude plus élevée et donc une température moyenne plus faible qui permet une lignification moins intense de la graminée tropicale à âge équivalent ; une meilleure gestion de la rotation ; une fertilisation mieux raisonnée en fonction de la saison ; un chargement plus faible. L'exploitation B suit globalement les conseils donnés par le programme de gestion raisonnée des prairies de l'Union des Afp, qui met en pratique les résultats de recherches de BLANFORT (1998).

Le nombre moyen de jours de repousse (temps écoulé entre deux passages) pour les parcelles A et B est assez régulier : 25 jours pour A et 29 jours pour B, mais il est légèrement plus élevé en hiver pour la parcelle B ce qui assure une hauteur d'herbe relativement constante à chaque cycle de rotation. Dans la parcelle C, il est nettement supérieur (36 jours), mais à 1 600 mètres d'altitude la pousse de l'herbe est plus lente.

Les hauteurs d'herbe ont décliné régulièrement sur la parcelle A entre l'été et l'hiver, sauf en mai où un brusque sursaut a été enregistré. Cette évolution est le résultat d'une utilisation très intensive du pâturage avec un surpâturage de plus en plus prononcé lorsque la saison avance et un chargement élevé, supérieur à 4 unités gros bovin par hectare. Ainsi le disponible fourrager sur cette parcelle est réduit de moitié en hiver (juillet) malgré une qualité de l'herbe supérieure. La bonne gestion de la parcelle B avec un chargement modéré, de 2 unités gros bovin par hectare, permet d'obtenir une hauteur d'herbe

constante quelle que soit la saison ; la baisse observée en août provient d'un défaut d'apport d'engrais. Cette évolution garantit donc aux animaux un disponible fourrager suffisant et de qualité. L'évolution de la hauteur d'herbe sur la parcelle C résulte de la fertilisation unique réalisée en été et d'une diminution progressive des températures. Malgré un chargement faible de 1 unité gros bovin par hectare, le disponible reste modéré, de l'ordre de 20 centimètres.

Ces résultats confirment l'importance des paramètres climatiques comme la température et la pluviométrie, mais aussi de la gestion de l'apport d'engrais sur les parcelles. Ainsi une bonne gestion du pâturage exige un rythme de rotation et un apport d'engrais adaptés à la saison qui prennent en compte la hauteur d'herbe en entrée et en sortie de parcelle (BLANFORT et THOMAS, 1996 ; BLANFORT, 1998).

Le rythme d'activité des animaux

Au cours des trois essais, l'activité de pâturage était déclenchée un peu avant le lever du soleil, lorsque la luminosité devenait suffisante et s'interrompait à la tombée de la nuit (GERSCHWITZ, 1996 ; HASSOUN, 1996 ; LEGENDRE, 1997).

La répartition des activités, pâturage et rumination, sur un nycthémère n'a pas varié avec la saison comme l'ont observé EBERSOHN *et al.* (1983) en zone subtropicale. Les animaux pâturent principalement pendant le jour et très peu la nuit (figure 74). Dans tous les cas, plus de 80 % de l'activité de pâturage se déroule le jour et plus de 70 % de la rumination se produit la nuit. Le comportement ne semble donc influencé ni par la température ni par l'humidité contrairement aux observations réalisées en zone tropicale rapportées par ARNOLD (1981).

Le comportement des animaux le dernier jour de présence sur une parcelle est très différent de celui de l'entrée. Dès que la clarté est suffisante, le troupeau pâture très peu, voire pas du tout tant que le personnel de la ferme n'est pas venu distribuer la ration d'aliments concentrés, c'est à ce moment que s'effectue le changement de parcelle. Ainsi leur comportement semble traduire une attente de changement de parc. Une fois que le personnel a terminé ses interventions, l'activité de pâturage devient intense et quasi continue jusqu'à la tombée de la nuit (figure 75). L'activité nocturne n'est pas modifiée par rapport au comportement en entrée. Quelles que soient la période des observations et la parcelle observée, le comportement des animaux est identique le dernier jour de présence.

Le temps total consacré au pâturage ou à la rumination sur la période diurne n'est pas différent entre l'entrée et la sortie de la parcelle. Il y a simplement un déplacement de l'activité dans le temps. Ce comportement semble traduire un déficit fourrager ressenti par les animaux.

Ces observations peuvent être importantes en tant qu'outil pour apprécier le disponible fourrager des parcelles en fonction de la repousse de l'herbe et des

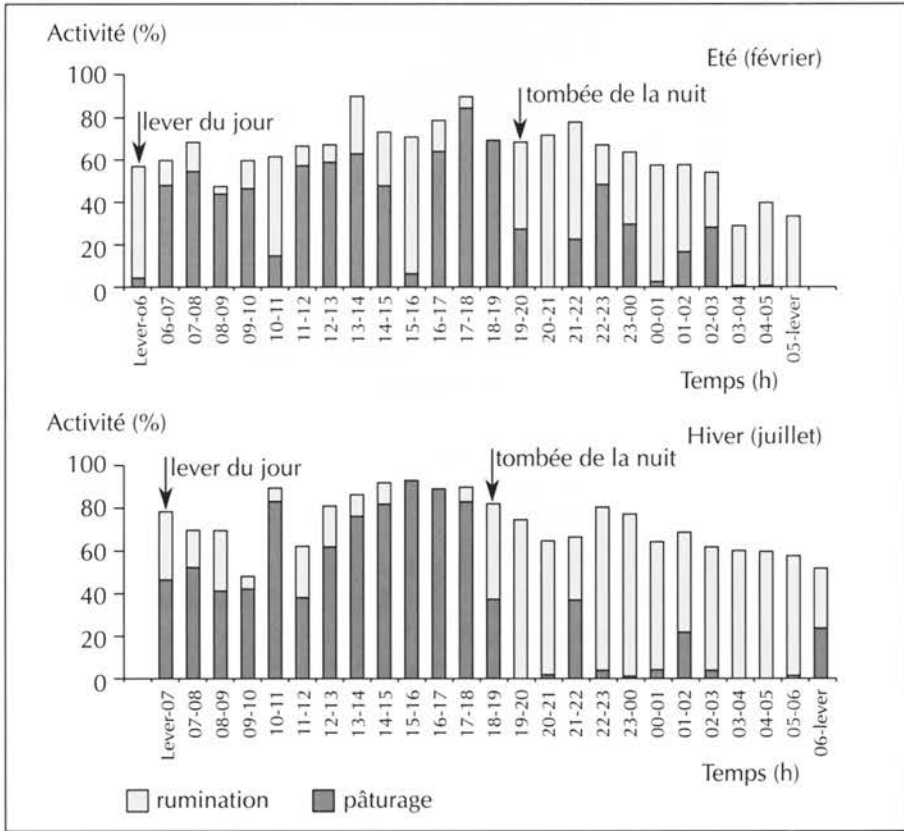


Figure 74. Evolution nyctémérale entre l'été et l'hiver austral du rythme d'activité de pâturage et de rumination d'un troupeau allaitant à 700 mètres d'altitude.

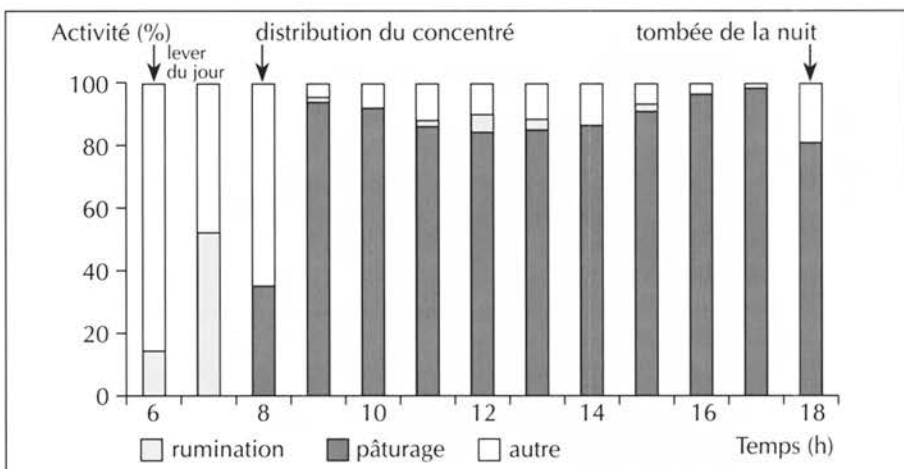


Figure 75. Rythme d'activité de pâturage et de rumination du troupeau le dernier jour (4^e) de présence sur la parcelle A (altitude 700 mètres).

besoins des animaux. Il serait intéressant de relier l'évolution du comportement des animaux le matin tout au long des différents jours de leur présence sur une parcelle en fonction du disponible fourrager. On pourrait ainsi évaluer dans quelles limites les conseils agronomiques de gestion des pâturages s'accordent avec les besoins exprimés par les animaux.

Au cours du deuxième essai le rythme d'activité des trois troupeaux était semblable au cours du nyctémère. En revanche, les proportions du temps consacré au pâturage et à la rumination étaient significativement différentes (respectivement $p < 0,01$ et $p < 0,001$) entre exploitations et selon la période de mesure ($p < 0,001$). Le pourcentage de temps consacré au pâturage est significativement corrélé ($p < 0,001$) avec la hauteur d'herbe (figure 76). Ainsi, les différences observées selon les exploitations et les périodes de mesure sont dues essentiellement à la hauteur d'herbe. Plus cette dernière diminue, en deçà de 20 centimètres, plus le temps de pâturage augmente. Ces observations sont en accord avec celles de DEMMENT *et al.* (1995). En revanche, lorsque la hauteur d'herbe est suffisante, c'est-à-dire supérieure à 20 centimètres, on observe des temps de pâturage réguliers et modérés, avec 50 à 60 % de l'activité totale en phase diurne.

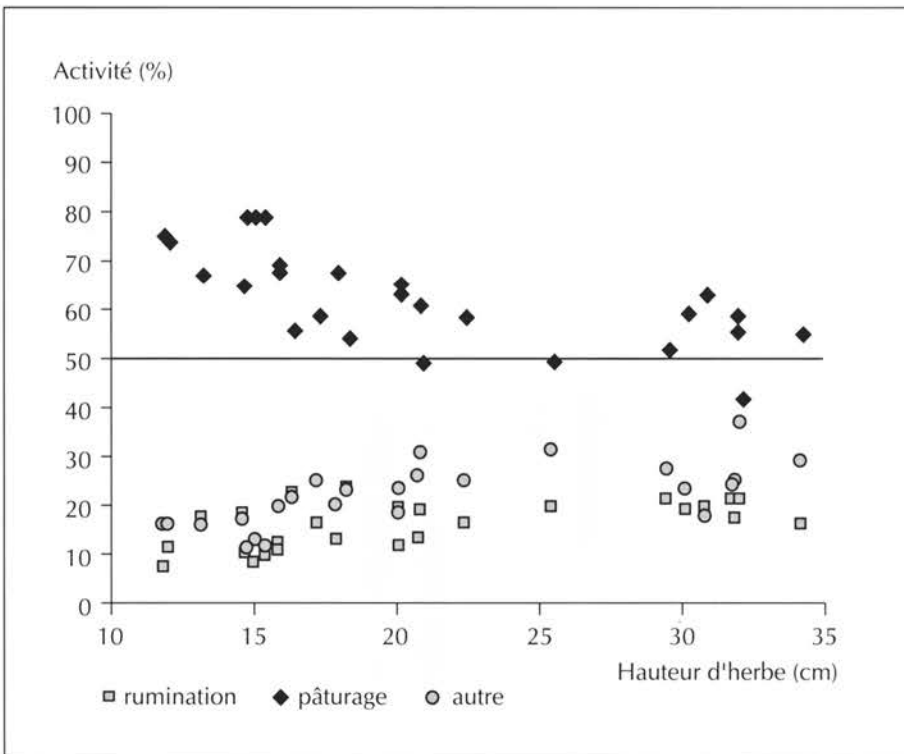
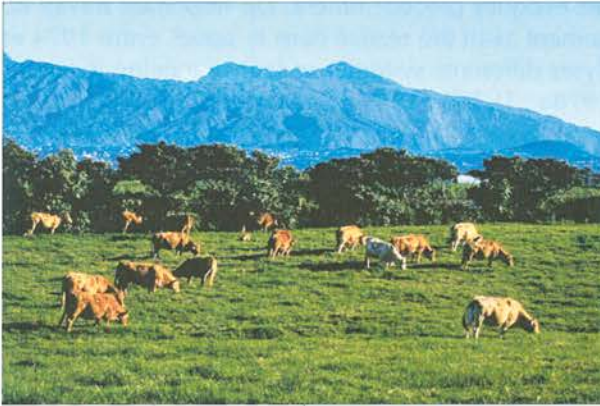


Figure 76. Relation en phase diurne entre la proportion de temps consacré au pâturage, à la rumination et aux autres activités et la hauteur d'herbe en entrée de parcelle.

Conclusion

Le bilan de ces études montre surtout l'importance de la bonne gestion du rythme de rotation, de l'apport d'éléments fertilisants et de l'observation de l'attitude des animaux. Ces derniers peuvent constituer un indicateur précieux dans la conduite du pâturage au moins d'un point de vue quantitatif. La difficulté de l'exploitation A à ajuster la gestion du pâturage et de sa complémentation aux besoins des animaux peut expliquer une grande part des résultats décrits précédemment (voir « Les performances de reproduction à la Sedael »).



Comportement alimentaire des bovins au pâturage à 700 mètres d'altitude : mesures individuelles par marquage à la peinture du temps de pâturage (photo P. Hassoun).

Comportement alimentaire des bovins au pâturage à 1 100 mètres d'altitude : mesure du temps de rumination (photo E. Legendre).



Comportement alimentaire des bovins au pâturage : mesures du temps de pâturage et comptage des bouchées (photo E. Legendre).

Il est également probable que le climat (hors perturbations cycloniques) n'agit pas directement sur le comportement des animaux et sur leurs performances au pâturage comme cela se rencontre habituellement en zone tropicale. L'effet de l'altitude à la Réunion est de ce point de vue un avantage.

L'engraissement de jeunes bovins

Le Cirad-Elevage a entrepris des actions limitées en atelier d'engraissement, en dehors des aspects sanitaires évoqués précédemment. Un important travail de suivis et d'essais d'engraissement avait été réalisé dans le passé, entre 1974 et 1980, par l'Ede afin d'analyser différents systèmes et leur rentabilité (GILIBERT, 1976 ; GOGUE et GILIBERT, 1978a ; 1978b ; 1979 ; GILIBERT *et al.*, 1980).

L'engraissement de génisses à viande

Cette étude a été conduite au Lycée agricole de Saint-Joseph (10 mètres d'altitude) dans la partie sud de l'île (BIGOT *et al.*, 1990). Un lot de 10 génisses de race Limousine ou Blonde d'Aquitaine, d'un poids vif moyen de 229 kilos et âgées de 11 ± 4 mois a été alimenté pendant onze mois avec un régime à base de cannes fourragères. Le fourrage était complété avec 2 kilos de mélasse, 0,55 kilo de tourteau de coton, 0,5 à 1 kilo de maïs grain et un complément minéral.

Les quantités ingérées de matière sèche de cannes fourragères sont légèrement inférieures en saison chaude. Elles restent faibles et traduisent un encombrement relativement élevé avec ce type de fourrage malgré le broyage. Les croissances réalisées en saison fraîche sont plus élevées de 170 grammes par jour tout en restant inférieures à l'objectif théorique de 800 grammes par jour. Les croissances d'été ont pu être perturbées par une température moyenne plus élevée et un approvisionnement en eau irrégulier en janvier à la suite du passage d'un cyclone (tableau 58).

Tableau 58. Quantités ingérées de matière sèche, poids vif et gain moyen quotidien des génisses, enregistrés par période climatique.

	Période fraîche du 4/5/88 au 4/11/88 (22,1 °C)	Période chaude du 04/11/88 au 11/4/89 (26,3 °C)
Quantités ingérées de matière sèche de canne fourragère		
(kg/j/génisse)	3,8 ± 0,5	4,7 ± 0,3
(% du poids vert)	1,32 ± 0,11	1,27 ± 0,08
Poids vif en début de période	229 ± 7	334 ± 23
Poids vif en fin de période	334 ± 23	397 ± 29
Gain moyen quotidien (g/j)	570 ± 136	404 ± 122

Ces résultats médiocres peuvent être attribués à une complémentation inadaptée (trop de mélasse), à une surestimation de la valeur énergétique des cannes fourragères et à des conditions climatiques défavorables, en été. Ces résultats sont malgré tout du même ordre que ceux qui ont été enregistrés pour les génisses par le contrôle de performances de l'Ede en 1989 : 538 grammes par jour, en moyenne, mesurés sur 251 croissances.

L'effet de la finesse du hachage sur l'ingestion de cannes fourragères par des taurillons

Le niveau d'ingestion des cannes fourragères broyées avec une ensileuse monorang munie d'une goulotte de chargement ou avec un multi-broie-tout a été comparé dans le cadre d'une étude portant sur la gestion des équipements d'élevage (HASSOUN et LATCHIMY, 1996 ; PAILLAT, 1996). Deux lots de 6 taurillons d'un poids moyen de 450 à 468 kilos ont reçu une même ration composée de 66 grammes d'urée, de 2,4 kilos de mélasse, de 3,3 kilos de concentré et de canne fourragère à volonté. Cette dernière était soit hachée à l'ensileuse (lot E), soit broyée au multi-broie-tout (lot M). Malgré la réduction de la taille des brins avec l'ensileuse — 87,5 % des brins d'une taille inférieure à 5 centimètres contre seulement 28 % pour le multi-broie-tout (PAILLAT, 1996) —, les quantités ingérées individuelles de matière sèche du fourrage du lot E ont été à peine supérieures à celles du lot M : 5,4 kilos de matière sèche contre 4,9. A poids vif identique, elles étaient identiques : respectivement 1,07 et 1,0 kilo de matière sèche pour 100 kilos.

Les croissances observées sur ces deux mois de finition ont été, pour le lot E, de 983 ± 173 grammes par jour et, pour le lot M, de $1\,120 \pm 141$ grammes. A titre de comparaison, GILBERT (1976) avait enregistré avec des taurillons de type zébu d'un poids vif de 235 kilos, une croissance moyenne de 940 grammes par jour sur dix mois. Les animaux ont reçu des cannes fourragères, des choux et des repousses de canne à sucre complétés par 2 kilos de mélasse et 1,6 kilo de concentré. Dans le cadre de cet essai, bien que la durée d'engraissement ait été courte, il ne semble pas que le hachage plus fin soit un avantage en terme d'alimentation. Le transit est peut-être trop rapide pour assurer une bonne digestion et une valorisation du fourrage. Une complémentation mieux adaptée à ce type de fourrage pourrait peut-être améliorer les résultats. En revanche, l'utilisation de l'ensileuse a nettement réduit le temps de travail et la pénibilité de l'affouragement (PAILLAT, 1996).

L'utilisation de l'ensilage de maïs pour l'engraissement de taurillons

Une étude sur l'utilisation de l'ensilage de maïs pour l'engraissement de taurillons a été réalisée chez un éleveur dans la zone de Saint-Joseph (DESVALS,

1992). Deux lots de 6 taurillons ont été alimentés pendant deux mois à base d'ensilage de maïs (ration A) ou de canne fourragère broyée (ration B). A la suite de cette période de comparaison, les deux lots ont reçu comme seul fourrage des choux de canne à sucre broyés (ration C) pendant les deux mois précédant l'abattage (tableau 59).

Tableau 59. Composition des trois régimes, quantités ingérées et performances des taurillons.

	Régime A	Régime B	Régime C
Quantités ingérées (kg MS/j/animal)			
• Ensilage de maïs	7,23	–	–
• Canne fourragère	–	3,75	–
• Choux de canne	–	–	4,48
• Concentré (maïs-soja)	1,75	2,63	2,63
• Brisures de riz	–	1,75	1,75
• Mélasse	0,75	2,25	3,0
• Patate douce	–	0,95	0,95
• Urée	0,02	0,06	0,08
• Minéraux	0,08	0,08	0,08
Poids vif initial (kg)	500 ± 28	518 ± 53	548
Durée (semaines)	8	8	8
Gains moyens quotidiens (g/j)	1 235	1 071	974

Dans la première partie de l'essai relative à la comparaison des régimes A et B, la quantité ingérée d'aliments concentrés et de patate douce dans le régime B est nettement supérieure à celle du régime A (+ 5,3 kilos de matière sèche) alors que le résultat de croissance accuse un retard de 160 grammes par jour. D'après les besoins théoriques estimés pour une croissance de 1 200 grammes par jour, le régime A était légèrement déficitaire en azote. En revanche, la ration B est excédentaire en énergie (+ 2,7 unités fourragères viande) et en azote (+ 140 grammes de protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote). La forte quantité d'énergie apportée principalement sous forme d'amidon (riz, maïs, patate douce) a pu diminuer l'efficacité de la digestion du fourrage dont la valeur est faible.

Dans la période d'utilisation de la ration C, l'excès d'énergie est très élevé (près de 50 % d'unités fourragères viande apportés en plus). L'ingestion des choux de canne est légèrement supérieure à celle des cannes fourragères, respectivement 0,72 et 0,66 kilos de matière sèche pour 100 kilos de poids vif.

Conclusion

Les résultats de ces trois essais n'avaient pas la prétention de cerner les conditions d'engraissement des génisses ou des mâles. En revanche, ils soulignent

L'importance de bien cadrer la ration et de connaître les niveaux d'ingestion des animaux. D'autre part, l'effet de l'utilisation d'un fourrage de haute valeur énergétique, comme l'ensilage de maïs, au moins en finition est très net. Cette culture s'est récemment développée à l'initiative du Cirad grâce à un programme de sélection variétale. Plusieurs éleveurs engraisseurs ont essayé d'introduire l'ensilage de maïs, notamment en finition, et ont été satisfaits des résultats obtenus bien que les données n'aient pu être quantifiées. Des suivis plus précis mériteraient d'être conduits afin de connaître l'effet réel de l'ensilage de maïs sur la croissance des taurillons dans les conditions réunionnaises.



Engraissement de taurillons à base d'ensilage de maïs (photo P. Hassoun).

Les contraintes sanitaires

Emmanuel Tillard, Frédéric Lanot,
Serge Nabeneza, Charles-Emile Bigot

Quel que soit le type de production, la pathologie rencontrée à la Réunion est très proche de celle des zones tempérées. Il s'agit dans la majorité des cas de maladies directement liées aux conditions d'élevage des animaux — hygiène de la traite et du vêlage, alimentation, stress et environnement. En élevage laitier, les mammites, métrites, rétentions placentaire, boiteries, difficultés de vêlage et troubles digestifs sont de manière quasi constante les troubles les plus fréquemment observés. La période du post-partum constitue une phase de sensibilité particulière aux infections (phase de perturbation hormonale et métabolique maximale) : 30 % des mammites et 46 % des métrites surviennent pendant le premier mois de lactation ; 21 % des mammites apparaissant pendant la première semaine de lactation. Ce constat, associé à une fréquence élevée des troubles du vêlage et des mammites pour le premier rang de lactation, montre l'importance de l'hygiène du premier vêlage et de la traite dans les tout premiers jours de lactation. En élevage allaitant, les troubles de la reproduction constituent plus de la moitié des cas de pathologie rencontrés chez les mères. L'infertilité est fréquente : 48 % des intervalles vêlage-vêlage sont supérieurs à 365 jours. Chez les veaux, les atteintes digestives, les états de faiblesse (fièvre, amaigrissement, anoxie) et la mortinatalité sont les principales dominantes. Les veaux sont les plus fréquemment touchés par le parasitisme digestif. Chez les bovins à l'engrais, les troubles respiratoires sont les plus fréquents. Ils apparaissent principalement dans le mois qui suit l'arrivée en atelier d'engraissement. Ils correspondent le plus souvent à l'expression clinique d'une infection par le virus respiratoire syncytial bovin contractée au centre d'allotement, qui s'extériorise à la suite du stress de la mise à l'engrais et qui est aggravée par l'infection simultanée par le virus de la maladie des muqueuses. La vaccination contre ces deux infections a déjà donné d'excellents résultats sur le terrain. Les hémoparasitoses consti-

tuent la première des pathologies tropicales. La situation épidémiologique de ces agents infectieux est instable, quels que soient la zone et le type d'élevage, avec un risque maximal d'apparition de cas cliniques en particulier chez les jeunes animaux. L'évolution divergente de la prévalence sérologique pour l'anaplasmose entre 1995 et 1998 confirme l'importance des stomoxes dans la transmission de cette affection. La gravité clinique de ces maladies et les coûts économiques qu'elles engendrent justifient pleinement l'intensification de la lutte intégrée lancée voici plusieurs années par le Grdsbr.

Les recherches en épidémiologie bovine ont commencé en 1994, parallèlement au suivi zootechnique. Les informations disponibles alors ne permettaient pas d'établir des priorités d'action. Le premier objectif du Cirad a donc été d'établir un référentiel des principales contraintes sanitaires dans les élevages bovins laitiers, allaitants et engraisseurs, en collaboration étroite avec l'Ede, l'Aribev, les filières de production, le Grdsbr, la Direction des services vétérinaires, le Laboratoire vétérinaire départemental et les vétérinaires praticiens. Il s'agissait de dresser un bilan objectif de la situation épidémiologique des principales affections bovines, en mettant l'accent sur les maladies infectieuses, mais également sur les pathologies d'élevage (mammites, pathologies de la reproduction, pathologies nutritionnelles, boiteries...), dont l'expression clinique fruste et rarement mortelle amène souvent à sous-estimer les pertes zootechniques (retard de fécondation, chutes de production, réformes précoces...) et économiques qu'elles engendrent.

Dans une phase initiale, un suivi sanitaire a été mis en place à partir des interventions réalisées par les vétérinaires auprès de leur clientèle. Il a permis de décrire précisément les pathologies les plus courantes et d'effectuer un choix des maladies devant faire l'objet d'une exploration sérologique ultérieure. Entre février 1994 et mars 1995, 1 703 visites et 182 autopsies ont été ainsi enregistrées chez 947 bovins laitiers (313 éleveurs) et 938 bovins allaitants (529 éleveurs). Cependant, tout comme en métropole, ces relevés, pour nombreux qu'ils sont, ne sont pas exhaustifs. Les praticiens ne sont pas consultés systématiquement, et une proportion non négligeable des cas cliniques est traitée par l'éleveur. Pour lever ces obstacles, un suivi exhaustif de la pathologie a été mis en place au début de l'année 1995 dans une quarantaine d'élevages.

L'information est notée quotidiennement par l'éleveur lui-même ou par son vétérinaire sur des fiches cartonnées et relevée régulièrement par le Cirad et les techniciens de l'Ede ou des Sica. La saisie informatique de la pathologie est réalisée à l'aide du logiciel conçu pour le suivi de la reproduction (LANOT *et al.*, 1995).

Les premiers résultats du suivi vétérinaire ont permis d'établir rapidement la liste des principaux syndromes rencontrés : la pathologie respiratoire des jeunes bovins en atelier d'engraissement (broncho-pneumonie), la pathologie de la reproduction en élevage laitier et allaitant (avortements, métrites, infécondité) et les entérites cachectisantes. De 1994 à 1995, un financement de l'Aribev a permis d'effectuer des analyses sérologiques (cinétiques d'anticorps) systématiques sur les cas cliniquement observés de métrite ou d'avortement — *Chla-*

mydia psittaci (chlamydie), *Coxiella burnetti* (fièvre Q), *infectious bovine rhinotracheitis* (IBR) et *bovine viral diarrhoea* (BVD) —, de pathologie respiratoire — IBR, BVD, *respiratory syncytial virus* (RSV), *parainfluenza III* (PI3), adénovirus et *Mycoplasma bovis* — et d'entérite — BVD, IBR, paratuberculose —, auxquelles se sont ajoutés des examens coproscopiques (LANOT *et al.*, 1995). Ensuite, une étude systématique des séroconversions vis-à-vis des virus respiratoires à l'entrée en ateliers d'engraissement et une enquête sérologique des élevages du suivi de fécondité pour les maladies de la reproduction ont été lancées.

Enfin, le Cirad participe activement depuis 1994 aux actions du projet Poseidom d'éradication des babésioses et de l'anaplasmose à la Réunion, mené par le Grdsbr en collaboration avec la Direction des services vétérinaires. Les résultats des deux bilans sérologiques effectués en 1995 et en 1998 sur un large échantillon de bovins et de caprins sont aujourd'hui disponibles.

L'épidémiologie générale

Les éléments présentés sont ceux du suivi exhaustif de la pathologie en élevage. En 1995 et en 1996, des enregistrements codifiés des troubles sanitaires ont été réalisés dans 17 élevages laitiers, 12 élevages allaitants et 7 élevages engraisseurs. La population animale de référence pour le calcul des fréquences de pathologie est toujours délicate à établir lorsque la durée d'observation est courte comme c'est le cas ici. Dans les troupeaux laitiers, les données du suivi de la reproduction permettent de rapporter chaque cas de maladie à une lactation (FAYE *et al.*, 1986). Sur 406 lactations intéressant la période, seules les 353 lactations commencées et achevées dans le courant de ces deux années ont été retenues. Les lactations interrompues par la mort ou par la réforme de l'animal durant la période d'étude ont été examinées séparément. En élevage allaitant, les données de reproduction sont fragmentaires et la période de suivi plus courte, de janvier 1995 à mai 1996, soit 17 mois. Les cas de maladie ne peuvent donc plus être rapportés à un cycle vêlage-vêlage. Chaque cas est rapporté à un animal. Chaque animal contribue à la population de référence au prorata de la durée de son séjour dans l'exploitation sur la période de suivi. Une vache compte ainsi pour 1 unité si elle est présente durant toute la période d'étude et pour $x/17$ si elle n'est présente que x mois. De même, un veau compte pour 1 unité s'il est présent au moins 275 jours (âge moyen au sevrage) dans l'exploitation sur la période de suivi et pour $x/275$ s'il n'a été présent que x jours. Ce procédé présente cependant l'inconvénient de ne pas tenir compte de l'hétérogénéité de la répartition des cas cliniques au cours d'une lactation ou entre la naissance et le sevrage. Chez les engraisseurs, seule la date d'entrée dans l'atelier est connue. Les animaux sont donc comptabilisés à leur entrée.

Au total, 113 types d'évènements pathologiques ont été répertoriés, selon des codes normalisés par l'Inra (LANDAIS *et al.*, 1989) et regroupés en types élémentaires. La gestion des récives s'inspire largement des travaux de FAYE *et al.* (1986). Tout évènement sanitaire survenant moins de 30 jours après un évènement de même nature est considéré comme une rechute du même cas et n'est pas comptabilisé. Au-delà de 30 jours, tout nouveau cas est considéré comme une récive et pris en compte. Un animal ou une lactation est qualifiée d'atteint par un trouble sanitaire si ce dernier se manifeste au moins une fois.

Les élevages laitiers

LA FRÉQUENCE DES MALADIES

Pour la fréquence des maladies dans les élevages laitiers, 18 types de trouble ont été retenus (tableaux 60 et 61) et 454 évènements sanitaires (rechutes non comprises) ont été enregistrés, touchant 234 vaches sur 328 (71,3 %) et 254 lactations sur 353 (71,9 %). Chaque lactation atteinte a connu en moyenne 1,9 trouble avec un maximum de 7. Pour 360 des 454 évènements sanitaires (79,3 %) aucune récive n'a été observée.

Tableau 60. Evènements sanitaires pris en compte chez les vaches laitières (les évènements les plus nombreux figurent en gras).

Type de trouble sanitaire	Types élémentaires
Mammites	mammite aiguë sans signes généraux , mammite colibacillaire , mammite gangreneuse, lait altéré, mammite chronique avec fibrose
Autres atteintes de la mamelle	œdème post-partum , hémolactation
Pathologies du trayon	obstruction, gerçures, abcès, traumatismes divers
Maladies métaboliques	acétonémie , acidose, pertes d'appétit
Fièvre vitulaire	fièvre vitulaire
Pathologies du pied ou du membre	arthrite, ostéite, arthrose, paralysie, boiterie sans lésion, cerise, fourchet, panaris, érosion de la sole, fourbure , abcès, anomalies de la corne, mauvais aplombs
Troubles du vêlage	dystocies , déchirure col/vulve, prolapsus utérus/vagin, torsion utérine, paralysie post-partum
Rétention placentaire	rétention placentaire normale ou liquéfiée
Accidents	chute, hémorragie interne, réticulo-péritonite par corps étrangers, fracture, luxation
Pathologies cutanées	abcès, teigne, décoloration
Troubles cardio-vasculaires et respiratoires	jetage, toux, dyspnée, œdème pulmonaire, cardiopathie, broncho-pneumonie aiguë/chronique, rhinite
Hémparasitoses	anaplasmose, babésioses
Amaigrissement	chute de croissance, cachexie

Tableau 60. *suite*

Type de trouble sanitaire	Types élémentaires
Métrites	métrite ouverte/fermée, endométrite, pertes au-delà de 3 semaines après mise bas, vulvo-vaginite
Troubles digestifs	diarrhée/entérite , coliques, indigestion, météorisation, entérotoxémie, lésions de la caillette, hépatite, surcharge hépatique
Troubles de la reproduction	corps jaune persistant, kyste ovarien, tumeur génitale, chlamydie
Fièvre et abattement	fièvre, abattement , œdème, paralysie centrale, anomalies du comportement
Maladies infectieuses	leucose, maladie des muqueuses, tuberculose

Tableau 61. Fréquence relative des différents types de trouble (en pourcentage du nombre total de trouble), fréquence des lactations atteintes et nombre moyen de troubles observés par lactation (les cas d'accident ont fait l'objet de réforme et n'apparaissent plus dans les lactations achevées).

Type de trouble	Fréquence relative (%)	Lactations atteintes (%)	Nombre de troubles par lactation
Mammites	25,99	35,25	1,37
Métrites	14,76	23,77	1,16
Troubles digestifs	11,89	20,49	1,15
Pathologie du pied ou du membre	11,67	19,26	1,06
Troubles du vêlage	8,59	15,98	1,00
Rétention placentaire	8,15	15,16	1,00
Hémoparasitoses	3,52	6,56	1,00
Fièvre et abattement	3,08	5,74	1,00
Œdème et hémolactation	2,64	4,92	1,00
Maladies métaboliques	2,42	4,51	1,10
Amaigrissement et cachexie	2,42	4,10	1,00
Pathologies du trayon	1,76	3,28	1,00
Fièvre vitulaire	1,10	2,05	1,00
Pathologies cutanées	0,88	1,64	1,00
Troubles ovariens	0,66	1,23	1,00
Troubles respiratoires et cardio-vasculaires	0,22	0,41	1,00
Troubles urinaires	0,22	0,41	1,00
Total des cas	454	244	1,86

Les mammites, métrites, rétentions placentaire, boiteries, difficultés de vélages et troubles digestifs sont de manière quasi constante les troubles les plus fréquemment observés (tableau 61 ; figure 77). Les cas de fièvre vitulaire sont plus rares à la Réunion. Les cas d'infertilité, déjà étudiés, représentent également une pathologie très fréquente : 28 % des fécondations requièrent au moins trois inséminations.

On observe également à la Réunion un décalage entre les résultats du suivi épidémiologique en élevage et ceux du suivi vétérinaire. Dans le suivi vétérinaire, les hémoparasitoses et la pathologie respiratoire sont plus fréquentes (9 et 7 % respectivement) et la fréquence des mammites est beaucoup plus faible (6 %) (LANOT *et al.*, 1995). Cela traduit simplement une prise en charge plus fréquente des cas de mammites cliniques par l'éleveur lui-même.

Les récurrences concernent surtout les mammites (1,37) et, à un moindre degré, les métrites et les troubles digestifs (1,15). Pour les mammites et les métrites, les récurrences sont très probablement des réapparitions cliniques d'infections latentes subcliniques.

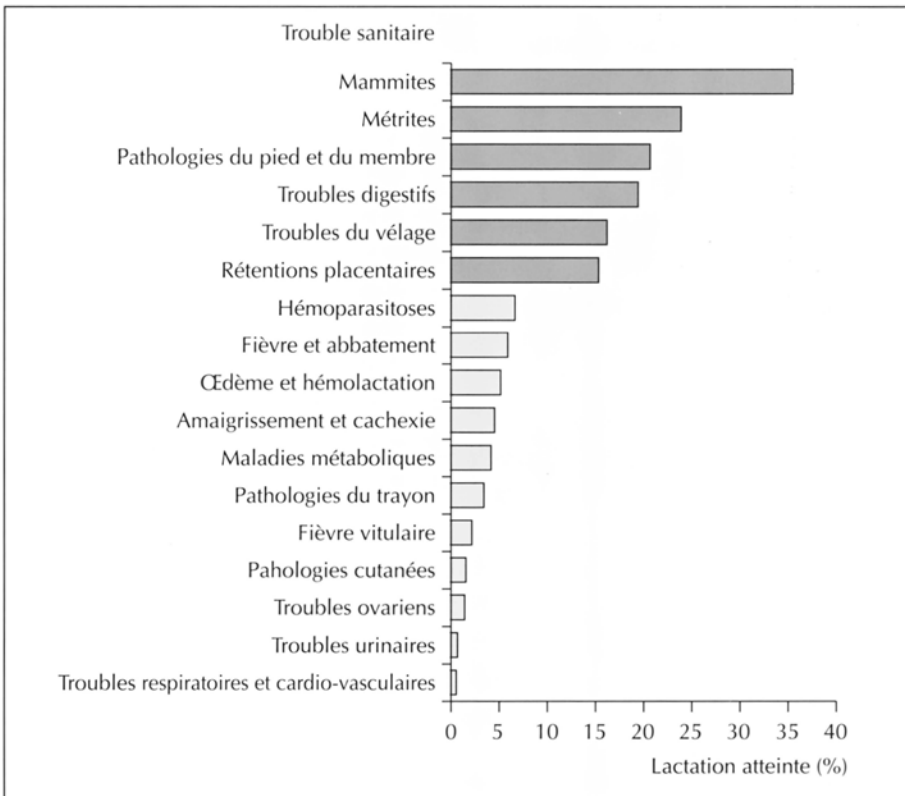


Figure 77. Hiérarchie des fréquences pathologiques (en pourcentage des lactations atteintes).

LE RANG ET LE STADE DE LACTATION

L'évolution de la fréquence des pathologies en fonction du rang de lactation diffère selon le type de trouble. Les atteintes podales augmentent régulièrement avec le rang de lactation. Les troubles du vêlage au contraire diminuent après un pic au premier rang. Les rétentions placentaires et les métrites ont une évolution parallèle. Elles diminuent jusqu'au 2^e ou 3^e rang et augmentent ensuite. Certains troubles ne montrent aucune tendance nette, comme les mammites qui se maintiennent à un niveau élevé (tableau 62 ; figure 78).

Tableau 62. Fréquence des lactations atteintes par différents troubles par rang de lactation.

	Rang de lactation						Total
	1	2	3	4	5	6	
Mammites	32,10	45,45	34,38	39,29	31,03	30,00	35,25
Métrites	32,10	22,73	15,63	28,57	13,79	16,67	23,77
Pathologies du pied et du membre	12,35	15,91	25,00	25,00	24,14	36,67	20,49
Troubles digestifs	24,69	22,73	25,00	10,71	0,00	20,00	19,26
Troubles du vêlage	30,86	6,82	12,50	10,71	6,90	6,67	15,98
Rétentions placentaires	16,05	11,36	3,13	21,43	17,24	23,33	15,16
Hémoparasitoses	12,35	4,55	3,13	0,00	10,34	0,00	6,56
Fièvre et abattement	4,94	2,27	9,38	3,57	3,45	13,33	5,74
Œdème et hémolactation	7,41	2,27	6,25	0,00	6,90	3,33	4,92
Amaigrissement et cachexie	4,94	6,82	6,25	3,57	0,00	3,33	4,51
Maladies métaboliques	6,17	2,27	6,25	0,00	3,45	3,33	4,10
Pathologies du trayon	4,94	6,82	0,00	3,57	0,00	0,00	3,28
Fièvre vitulaire	0,00	0,00	0,00	3,57	10,34	3,33	2,05
Pathologies cutanées	2,47	2,27	0,00	0,00	3,45	0,00	1,64
Troubles ovariens	1,23	2,27	0,00	3,57	0,00	0,00	1,23
Troubles respiratoires et cardio-vasculaires	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,41
Troubles urinaires	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
Total des cas (récidives non comprises)	157	68	47	43	38	49	402
Total des lactations	81	44	32	28	29	30	244

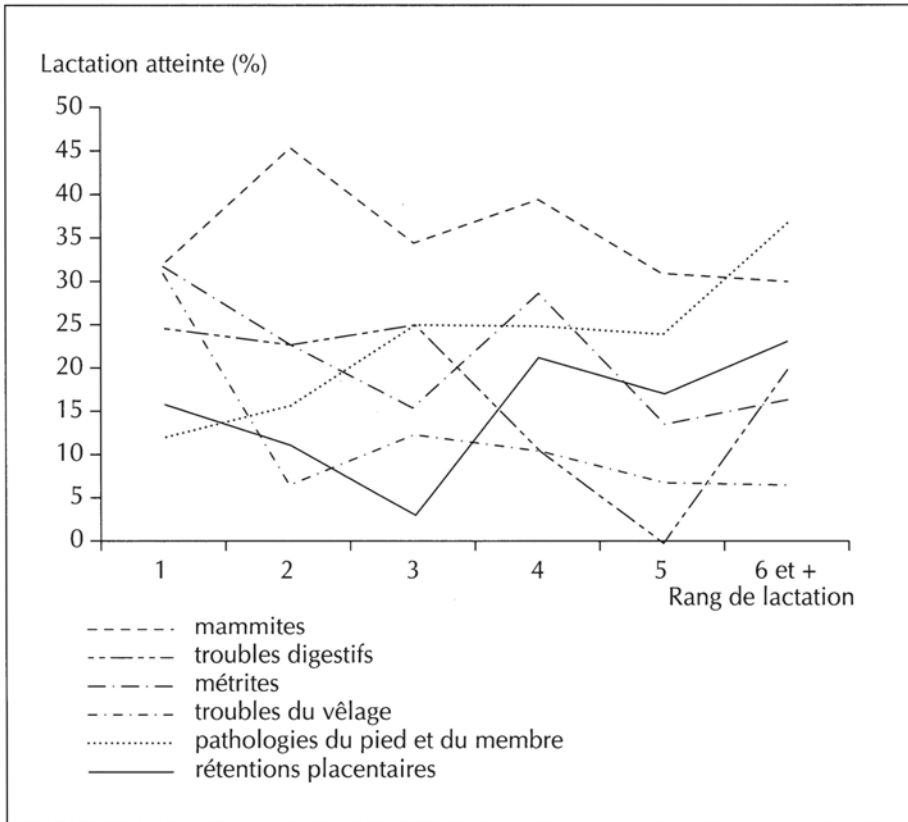


Figure 78. Evolution des fréquences des principaux troubles sanitaires selon le rang de lactation. Les rangs supérieurs ou égaux à 6 ont été regroupés.

L'évolution de la fréquence des troubles sanitaires au cours de la lactation permet de distinguer, en dehors des troubles directement liés au vêlage comme les rétentions placentaires et les difficultés de vêlage elles-mêmes, deux groupes de pathologies, celles qui affectent spécifiquement le tout début de lactation comme les mammites et les métrites et dont l'incidence décroît brutalement dès le second mois de lactation et celles dont les fluctuations sont plus ou moins régulières comme les atteintes podales ou digestives (figure 79). La période du post-partum, qui correspond à une phase de perturbation hormonale et métabolique maximale, est particulièrement sensible aux infections : 30 % des mammites et 46 % des métrites surviennent pendant le premier mois de lactation ; 21 % des mammites apparaissent pendant la première semaine de lactation. Ce constat, associé à une fréquence élevée des troubles du vêlage pour le premier rang de lactation et des mammites dès le premier rang (plus de 30 % des lactations atteintes), devrait conduire les éleveurs à porter une attention toute particulière à l'hygiène du premier vêlage et de la traite dans les tout premiers jours de lactation.

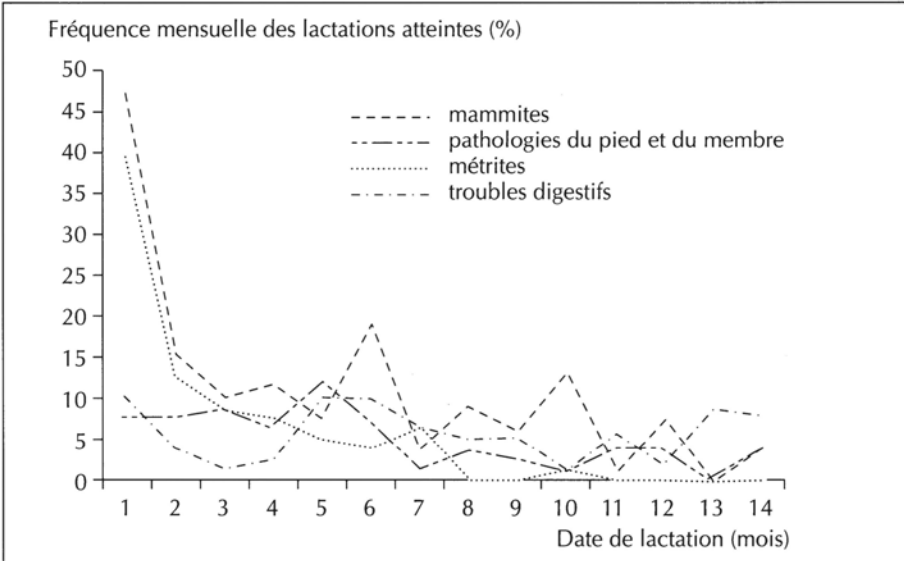


Figure 79. Evolution de la fréquence des troubles sanitaires au cours de la lactation.

L'EFFET SAISONNIER

L'incidence des mammites, des troubles digestifs et des atteintes podales est nettement plus élevée pendant la saison pluvieuse, de décembre à avril (figure 80). La fréquence des métrites est assez constante durant l'année. Le pic des mammites et des troubles digestifs, en juillet, et celui des métrites, en septembre, sont liés à une augmentation du nombre de vêlage. On observe un léger accroissement des difficultés de vêlage en février.

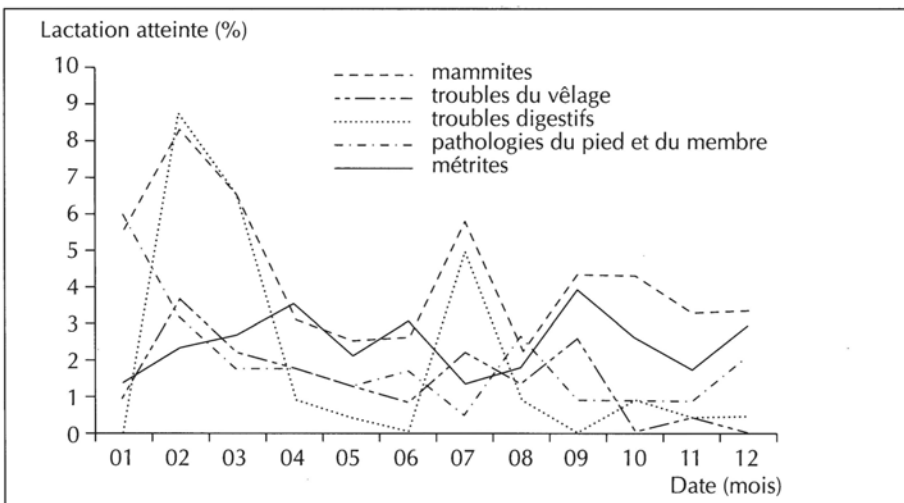


Figure 80. Variation mensuelle de la fréquence des troubles sanitaires, en 1995 et 1996.

LA MORTALITÉ ET LA RÉFORME

Dix cas de mortalité ont été observés au cours de la période de suivi. Le taux de mortalité calculé selon la méthode décrite par FAYE et PEROCHON (1995) s'élève à 0,98 %. Deux vaches sont mortes de troubles digestifs, deux d'accident, une des suites du vêlage, le reste de cause inconnue. La mortalité constitue un événement fort heureusement rare en élevage laitier. Les deux troubles sanitaires les plus fréquents, l'infertilité et les mammites, constituent les deux motifs de réforme les plus fréquents, si l'on excepte les maladies légalement réputées contagieuses (MLRC) qui correspondent à des réformes de police sanitaire dans un troupeau (figure 81).

Ces résultats sont très proches de ceux qui ont été enregistrés en métropole lors d'enquêtes continues en élevage laitier (FAYE *et al.*, 1986). Toutefois, les comparaisons entre observations provenant de suivis ou d'enquêtes différents restent difficiles à interpréter en raison de la variabilité des méthodes de relevé (diagnostic, localisation des troubles, opérateur...). C'est le cas par exemple des troubles ovariens dont le diagnostic demande une exploration rectale ou un dosage hormonal, rarement effectué. C'est le cas également des métrites dont les critères de diagnostic varient d'une étude à l'autre, ce qui explique une large part des divergences entre auteurs. La fréquence des lactations atteintes par une métrite varie ainsi de 2 à 36 %, selon les études (GUEDON, 1995 ; FAYE *et al.*, 1986).

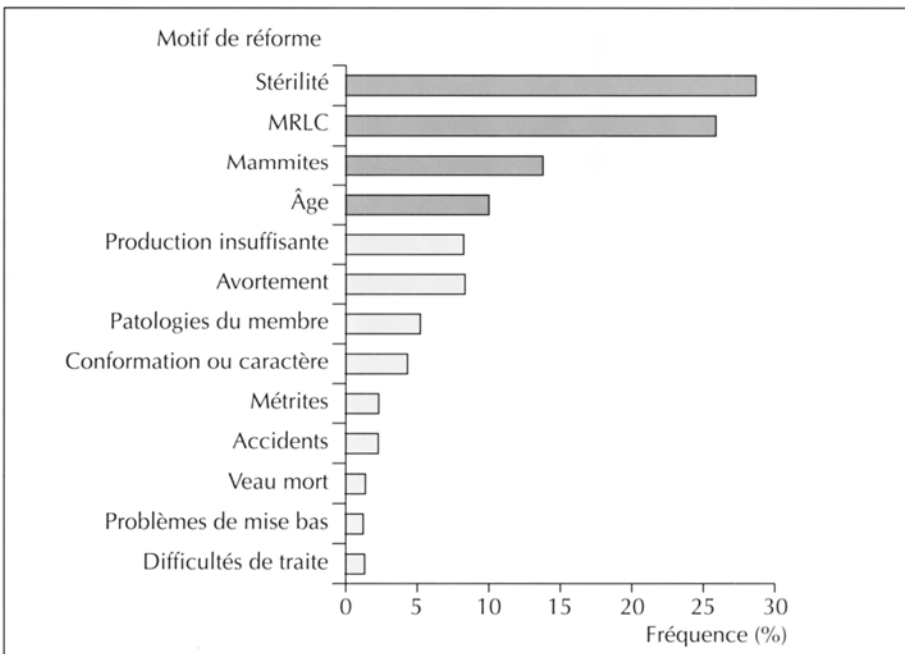


Figure 81. Fréquence relative des motifs de réforme en élevages laitiers, en 1995 et 1996.



*Elevage laitier
(photo
P. Hassoun).*

L'évolution des mammites et des boiteries en fonction du rang de lactation diffère sensiblement de celle des zones tempérées (DOHOO *et al.*, 1984 ; FAYE *et al.*, 1986). On observe souvent une augmentation de la fréquence des mammites avec l'âge, en relation avec une plus grande fréquence des traumatismes du trayon et une perte d'élasticité du sphincter. On note également une diminution de la fréquence des boiteries et une nette augmentation de la fréquence des panaris. Un manque de précision dans le diagnostic des affections podales à la Réunion (diagnostic de boiterie pour panaris) pourrait expliquer ce décalage.

L'évolution de la fréquence des troubles sanitaires au cours de la lactation, le taux de mortalité et la fréquence des motifs de réforme sont également en accord avec les observations effectuées en zones tempérées. Les comparaisons avec la métropole pour ce qui concerne la distribution mensuelle des troubles sanitaires sont plus délicates. Les conditions climatiques sont radicalement différentes à la Réunion et les vêlages ne semblent pas y être saisonnés, comme c'est souvent le cas en zone tempérée, où ils ont lieu à la fin de l'automne (FAYE *et al.*, 1986). L'hygiène des locaux d'élevage et la qualité de l'alimentation sont très certainement les facteurs les plus impliqués dans cette variabilité.

Les élevages allaitants

LA FRÉQUENCE DES MALADIES

Dans les élevages allaitants, 199 évènements sanitaires ont été enregistrés sur 547 vaches (36,4 %) et 89, sur 542 veaux (16,4 %). Chez la vache, la nomenclature des troubles sanitaires est la même que celle des élevages laitiers

(tableau 60). Les atteintes de la mamelle et du trayon ont été regroupées, ainsi que la fièvre vitulaire et les maladies métaboliques. Chez le veau, la nomenclature des troubles figure dans le tableau 63.

Tableau 63. Regroupement des évènements sanitaires chez le veau allaitant (les évènements les plus nombreux figurent en gras).

Type de trouble sanitaire	Types élémentaires
Pathologies du pied ou du membre	arthrite , boiterie sans lésion, érosion de la sole, abcès du pied
Troubles respiratoires	toux, broncho-pneumonie aiguë
Troubles digestifs	diarrhée-entérite, coliques, indigestion, météorisation, colibacillose, coccidiose
Hémoparasitoses	anaplasmosse, babésioses
Pathologies cutanées	abcès, pyodermite, photosensibilisation, chute de poils, traumatismes divers
Accidents	chute, étouffement, noyade, éventration
Fièvre et abattement	fièvre, abattement, amaigrissement

La fréquence des avortements s'élève à 3 % des vêlages observés sur la période de suivi et celle des cas de mortinatalité à 2,7 % des vêlages à terme (figure 82). Dans 91 % des cas, les vêlages ne nécessitent aucune intervention de l'éleveur. On constate ainsi que les troubles de la reproduction constituent plus de la moitié des cas de pathologie rencontrés chez les mères. L'infertilité est fréquente : 48 % des intervalles vêlage-vêlage sont supérieurs à 365 jours. Chez les veaux, les atteintes digestives, les états de faiblesse (fièvre, amaigrissement, anoxie) et la mortinatalité sont les principales dominantes (figure 82).

LE RANG ET LA SAISON

De manière assez logique, les difficultés de vêlage se rencontrent essentiellement pour le premier vêlage et chutent fortement au-delà. Métrites et rétentions placentaires ont une évolution parallèle (figure 83), que l'on retrouve également en élevage laitier dans l'évolution de la fréquence selon le rang de lactation (figure 78) et dans la coïncidence des pics de rétentions placentaires et de métrites dans le mois qui suit le vêlage (figure 79). Ce résultat confirme l'association étroite entre ces deux pathologies. La rétention placentaire entraînerait un ralentissement de l'involution utérine et le développement d'une infection, sans qu'il soit possible toutefois de déterminer laquelle des deux affections constitue la cause ou l'effet. La fréquence des atteintes du pied ou du membre augmente régulièrement jusqu'à la 4^e lactation et se maintient à un niveau élevé jusqu'à la 6^e lactation.

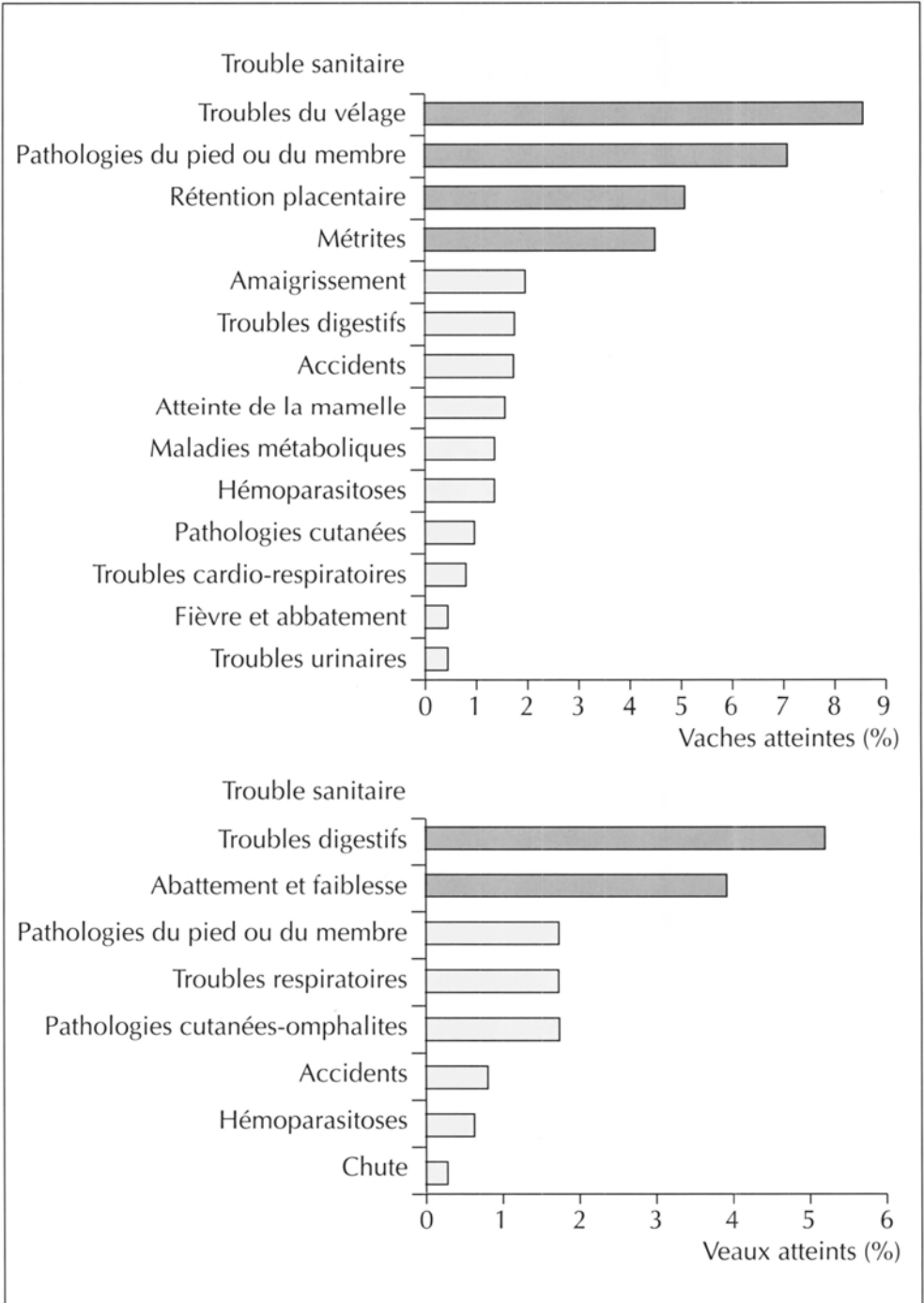


Figure 82. Hiérarchie des fréquences pathologiques chez les vaches allaitantes et les veaux (en pourcentage de l'effectif total).

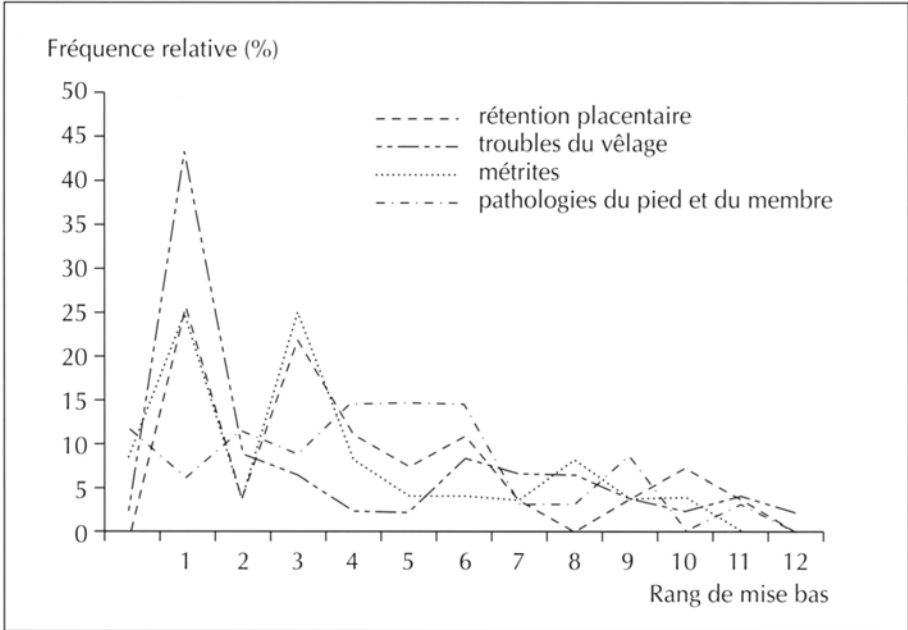


Figure 83. Evolution de la fréquence des principaux troubles sanitaires (rapportée au nombre total de cas observés).

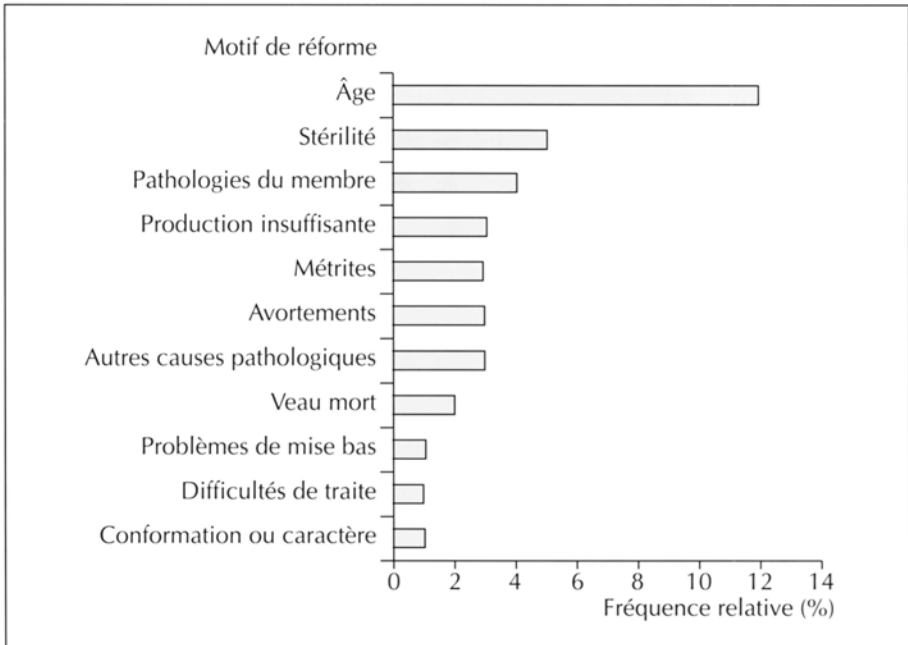


Figure 84. Fréquence relative des motifs de réforme des mères en élevage allaitant, en 1995 et 1996.

LA MORTALITÉ ET LA RÉFORME

L'âge et l'infertilité constituent les motifs de réforme les plus souvent évoqués (figure 84), ce que l'on retrouve également en élevage laitier (figure 81). La fréquence des troubles sanitaires en élevage allaitant et les variations selon l'âge ou le rang sont en accord avec les données obtenues en métropole dans les élevages de Limousins (BARNOUIN et BROCHART, 1986 ; GRENET, 1991 ; DUCROT, 1994).

Les élevages engraisseurs

La nomenclature des troubles dans les élevages engraisseurs est présentée dans le tableau 64. Contrairement aux deux autres types de production, on ne dispose d'informations que sur les animaux ayant présenté une pathologie sur la période d'étude, du 1^{er} janvier 1995 au 1^{er} juin 1996. On ne peut donc proposer que des fréquences relatives pour les différents troubles sanitaires (figure 85).

Comme en zone tempérée, les pathologies respiratoires et podales sont de loin les plus fréquentes. Les troubles respiratoires apparaissent principalement dans le mois qui suit l'arrivée en atelier d'engraissement (figure 86) et correspondent à l'expression clinique d'une infection, souvent virale, contractée au centre d'allotement, qui s'extériorise à la suite du stress de la mise à l'engrais lié au transport et au changement d'alimentation et de conditions d'élevage (CRETON, 1991). Ce constat a conduit le Cirad et la Sicarevia à lancer une opération visant à identifier la cause infectieuse de ces troubles respiratoires. Les chutes de croissance montrent un pic vers le 4^e et le 5^e mois d'engraissement, pic

Tableau 64. Regroupement des évènements sanitaires chez les jeunes bovins à l'engrais (les évènements les plus nombreux figurent en gras).

Type de trouble sanitaire	Types élémentaires
Pathologies du pied ou du membre	arthrite, boiterie sans lésion, panaris, fourbure , érosion de la sole, abcès du pied, ostéite, cerise, fissure de la corne
Troubles respiratoires	jetage, toux, dyspnée, broncho-pneumonie aiguë , broncho-pneumonie chronique, rhinite
Troubles digestifs	diarrhée/entérite , indigestion
Hétoparasitoses	anaplasmose, babésioses
Pathologies cutanées	abcès , pyodermite, gale, traumatismes divers, œdème
Accidents	chute, fracture de corne
Chute de croissance	chute de croissance , amaigrissement
Fièvre et abattement	fièvre, abattement

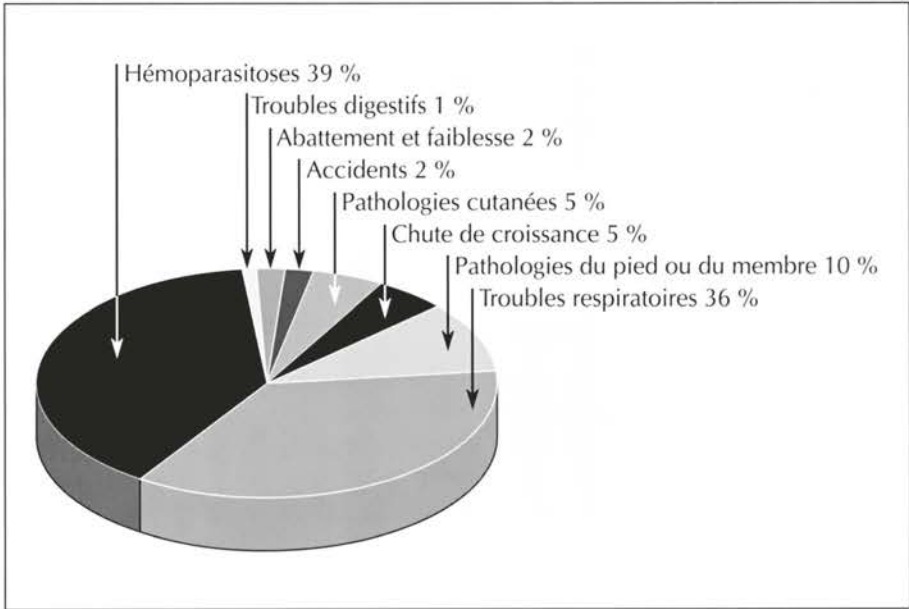


Figure 85. Fréquence relative des troubles sanitaires chez les jeunes bovins à l'engrais (nombre de cas pour chaque trouble rapporté au nombre total de cas).

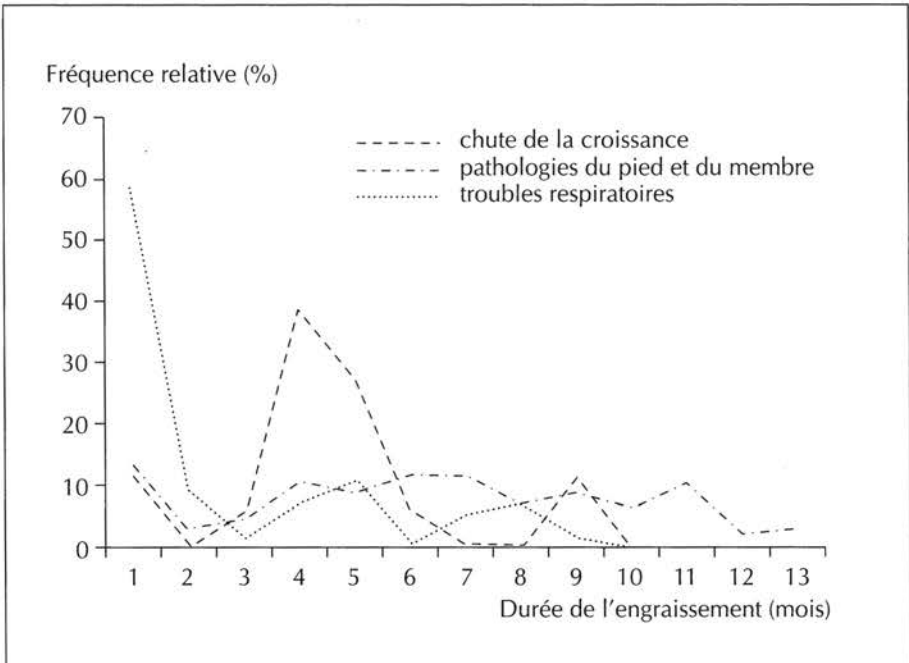


Figure 86. Variation de la fréquence des troubles sanitaires chez les jeunes bovins à l'engrais en fonction de la durée d'engraissement.

qu'il est difficile d'expliquer sans informations complémentaires concernant la répartition des animaux en lots. Enfin, la pathologie podale est une constante et se manifeste à tous les stades d'engraissement.

Conclusion

Quel que soit le type de production, la pathologie rencontrée à la Réunion est très proche de celle des zones tempérées. Il s'agit dans la majorité des cas de maladies directement liées aux conditions d'élevage des animaux : hygiène de la traite pour les élevages laitiers, hygiène du vêlage pour les élevages laitiers et allaitants, alimentation, stress et environnement pour les jeunes bovins à l'engrais. Ces observations justifient la mise en place d'une approche éco-pathologique pour l'identification des facteurs de risque des principales contraintes zootechniques et sanitaires rencontrées. Les pathologies spécifiquement tropicales sont moins fréquentes. Il apparaît néanmoins justifié de les contrôler au vu de leur gravité clinique.

La pathologie respiratoire en atelier d'engraissement

Les broncho-pneumonies constituent la pathologie dominante des élevages engraisseurs. C'est la première cause d'appel des vétérinaires praticiens dans ce type d'élevage. On évalue à 41 % leur incidence annuelle — nombre de nouveaux cas rapporté au nombre d'animaux présents. Les répercussions économiques directes (coût des traitements, mortalités) et indirectes (baisse de croissance, déclassement à l'abattoir) sont certainement très importantes et justifient la mise en œuvre d'un plan de prophylaxie (LANOT *et al.*, 1995).

Dans les zones tempérées, les infections virales constituent l'étiologie principale des troubles respiratoires de l'entrée en lots d'engraissement (STOTT *et al.*, 1980). En collaboration avec la Sicarevia, l'Aribev et les vétérinaires praticiens de l'île, le Cirad a engagé une action destinée à préciser la responsabilité des principaux virus pneumotropes dans l'apparition des broncho-pneumonies en atelier d'engraissement, et ce, en vue d'élaborer un plan de lutte vaccinale préventive.

Les données disponibles

Entre mars et août 1995, des analyses sérologiques ont été effectuées sur 132 taurillons de races allaitantes, une première fois durant leur séjour au

centre d'allotement de Moncaprice, et une seconde fois 3 à 5 semaines après leur arrivée en atelier d'engraissement. Ces analyses ont ciblé cinq des principaux virus généralement impliqués dans les broncho-pneumonies : IBR, BVD, PI3, adénovirus et RSV. Les résultats sont codés selon une échelle semi-quantitative à 5 classes allant de 0 (négatif) à 4 (très positif). Une hausse de plus d'une classe entre les deux prélèvements effectués sur un même animal témoigne d'une séroconversion et donc d'une infection récente.

Un suivi concomitant des cas de maladies respiratoires a été mis en place au centre de Moncaprice par la Sicarevia et dans les ateliers d'engraissement. En s'inspirant de la grille de l'examen clinique standardisé (ESPINASSE *et al.*, 1986), la gravité des symptômes respiratoires est évaluée sur une échelle croissante de gravité allant de 1 à 3. Pour analyser ce type d'information, deux critères sont généralement utilisés, la présence ou l'absence de signes respiratoires à l'échelle de l'animal (ou fréquence à l'échelle du lot) et la gravité des signes cliniques. Il existe d'ailleurs une relation significative entre la fréquence et la gravité moyenne des troubles respiratoires observés dans chacun des lots (tableau 65). Un animal est déclaré atteint de pathologie respiratoire si la gravité maximale des troubles sur la période d'étude dépasse 2,0, soit une intensité moyenne ou forte (CRETON, 1991).

Une des caractéristiques importante du plan expérimental est le regroupement des animaux en lot : chaque éleveur achète plusieurs animaux à la fois et constitue un lot d'engraissement. Les animaux d'un même lot sont soumis aux mêmes conditions d'élevage (contamination initiale, transport, bâtiment d'élevage et paramètres d'ambiance). Aussi, il est courant de constater que les données cliniques ou sérologiques ne sont pas indépendantes à l'intérieur d'un même lot (KADOHIRA *et al.*, 1996), ce que confirme l'existence de lots sans aucun trouble et au contraire de lots où tous les animaux sont atteints (tableau 65). Le voisinage d'animaux malades constitue donc un facteur de risque important. Ce phénomène sera pris en compte dans l'analyse. Les associations ou oppositions entre différentes infections virales et leur relation avec la pathologie seront également prises en comptes.

Tableau 65. Relation entre la fréquence des troubles et leur gravité clinique (classe 1 : lot sans troubles, classe 2 : moins de 50 % des animaux atteints, classe 3 : plus de 50 % des animaux atteints, classe 4 : la totalité des animaux atteints).

	Classe de morbidité				Total
	1	2	3	4	
Note de gravité moyenne	1	1,2	1,82	2,58	1,66
Nombre de lots	6	5	3	6	20
Nombre d'animaux	36	25	39	32	132

Les résultats

Seuls 2,3 % des animaux ont présenté une séroconversion pour l'IBR. Ce facteur n'a donc pas été intégré au modèle. On note que ce niveau de prévalence sérologique contraste avec les résultats obtenus en 1987 à la Réunion, où la séroprévalence était de 47,9 % (PASSELEGUE *et al.*, 1991).

LE STATUT SÉROLOGIQUE INITIAL

Les résultats sérologiques obtenus juste après le sevrage au centre d'allotement, sur des bovins non vaccinés de plus de 8 mois ayant éliminé leurs anticorps colostraux caractérisent la circulation virale dans les élevages naisseurs. L'infection des veaux par chacun de ces cinq virus est possible dès l'élevage naisseur. On constate essentiellement une prévalence sérologique élevée pour l'adénovirus (98 %) et le virus parainfluenza-3 (81 %), pour un seuil de positivité de 1, qui contraste avec la faible incidence des broncho-pneumonies dans les élevages naisseurs (figure 87). Au sevrage, 24 % des animaux présentent une sérologie positive pour le BVDV, 15 %, pour l'IBR et 38 %, pour le RSV, au seuil de positivité de 1. Pour la maladie des muqueuses, ce résultat est conforme à la prévalence moyenne (19 %) observée chez les jeunes bovins allaitants âgés de 6 à 18 mois lors du bilan sérologique final effectué en 1998 par le Grdsbr dans le cadre du projet Poseidom d'éradication des babésioses et de l'anaplasmose à la Réunion (TILLARD et MESSAD, 1998). Pour l'ensemble de ces virus, la contamination des animaux est donc très précoce et possible dès l'élimination des anticorps colostraux (DANNACHER *et al.*, 1985 ; MEYLING *et al.*, 1990 ; BAKER *et al.*, 1997).

LA SÉROCONVERSION ET LES SYMPTÔMES RESPIRATOIRES

Le taux de morbidité, c'est-à-dire le pourcentage d'animaux présentant des signes respiratoires de gravité supérieure ou égale à 2,0, est passé de 0 % au centre d'allotement à 33 % en atelier d'engraissement, 3 à 5 semaines après l'arrivée des animaux, avec des variations de 0 à 100 % d'un lot à l'autre. Ces résultats confirment la précocité d'apparition de la pathologie respiratoire à la suite de la mise en lot succédant à une période de pâturage. L'absence de séroconversion pour le RSV, le PI3 et le BVDV est fréquemment associée à un statut initial positif, ce qui atteste du caractère protecteur des anticorps.

La fréquence et la gravité de la pathologie respiratoire sont significativement liées à l'infection par le RSV (CR+) (tableau 66). L'absence de séroconversion (CR0) est nettement associée à l'absence totale de signes cliniques. L'infection simultanée par le BVDV (CB+) ou l'IBR (II+) aggrave la symptomatologie. Comme d'autres herpèsvirus, l'IBR présente la propriété de persister chez l'animal infecté sous une forme latente pendant toute la vie de celui-ci et de se réactiver sous l'effet d'un stress ou de l'infection par un autre virus pneumotrope (ADOUX, 1992). On doit donc considérer tout animal initialement positif

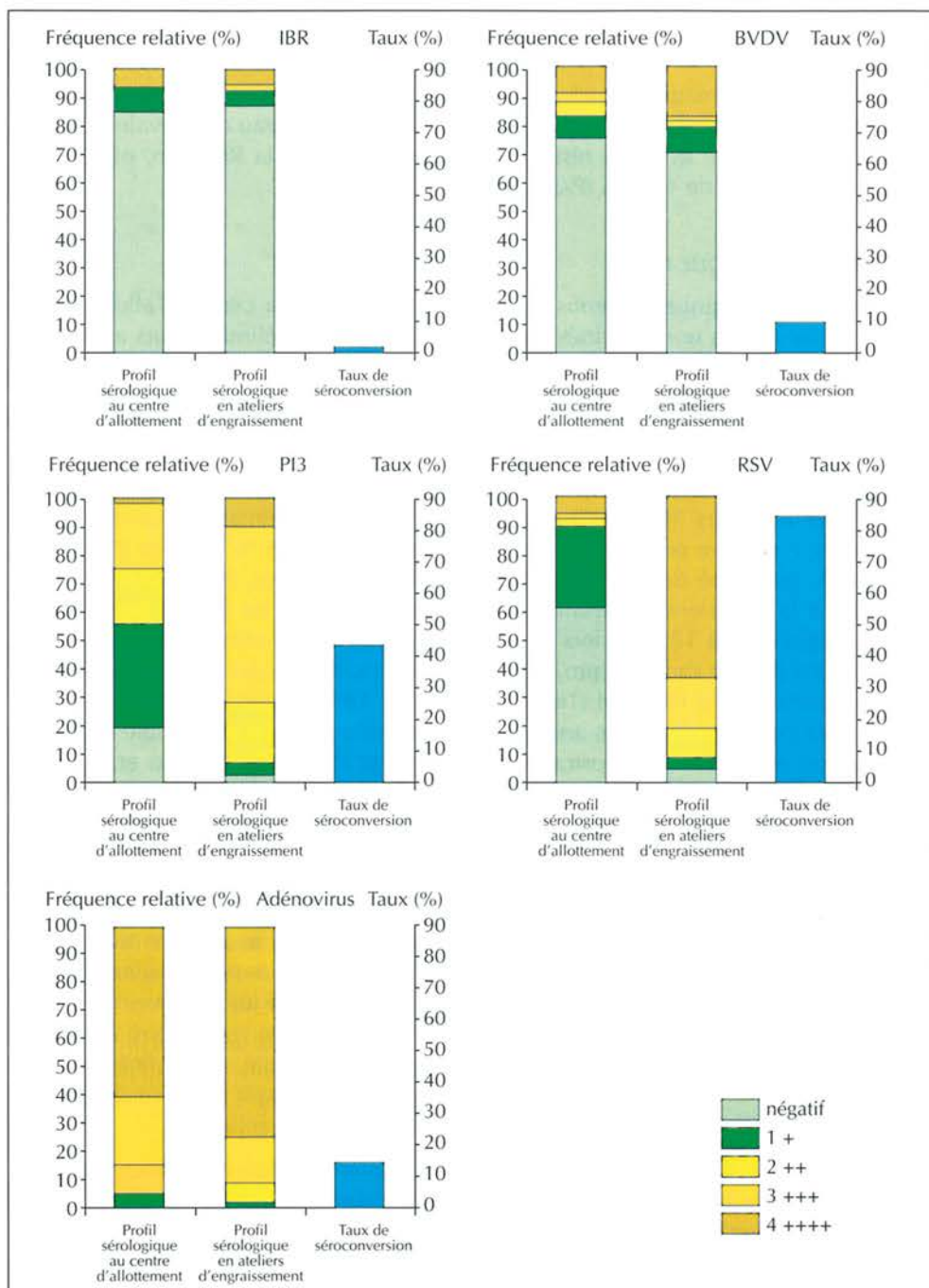


Figure 87. Profil sérologique des animaux (132) au centre d'allotement de Moncaprice et 3 à 5 semaines après l'entrée en atelier d'engraissement et taux de séroconversion observé entre ces deux prélèvements.

Tableau 66. Analyse de la fréquence de la pathologie respiratoire chez les jeunes bovins à l'engrais.

	Séro-conversion	Nombre	Fréquence (%)	Gravité	F Fréquence	F Gravité
BVDV	non	119	6,5	1,51	**	ns
	oui	13	29,0	1,67		
PI3	non	75	16,2	1,61	ns	ns
	oui	57	12,8	1,58		
RSV	non	21	7,8	1,35	*	*
	oui	111	25,0	1,83		
Adénovirus	non	119	26,4	1,70	ns	ns
	oui	13	7,3	1,49		
BVDV/RSV	non/non	19	–	1,50	–	*
	oui/non	100	–	1,21		
	non/oui	2	–	1,53		
	oui/oui	11	–	2,14		

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$.

comme infecté de manière permanente. L'infection par l'IBR seul (II+) se traduit par une augmentation de la fréquence des cas cliniques mais n'entraîne qu'une pathologie de gravité modérée (1,5). Le nombre limité d'animaux présentant une infection par le BVDV seul ne permet pas de conclure sur le caractère pathogène de l'agent infectieux. Il est également difficile de conclure sur l'association IBR-BVDV dans la mesure où elle ne concerne que 5 animaux.

Ces résultats sont en accord avec de nombreuses études qui montrent l'implication simultanée du RSV et du BVDV dans l'apparition des maladies respiratoires des bovins (BAKER *et al.*, 1997) et le rôle immunodépresseur du BVDV (GROOMS et WATZ, 1997). L'association RSV-IBR est rarement décrite dans cette catégorie d'âge mais plus souvent chez les animaux en finition, de 600 kilos (VAN HUFFEL, 1997).

Conclusion

Sur la base de ces résultats, un protocole de vaccination par un vaccin bivalent des jeunes broutards à l'entrée et à la sortie du centre d'allotement a été mis en place à la fois contre le RSV et contre le BVDV. Il a depuis largement prouvé son efficacité et son utilisation a été très rapidement étendue aux génisses allaitantes de renouvellement et aux génisses laitières de la ferme d'élevage de la Sicalait. Il existe néanmoins bien d'autres facteurs de risque d'apparition de maladies respiratoires chez les jeunes bovins en période de postsevrage : stress de sevrage, transport, transit par un centre de regroupe-



*Centre
d'allotement
de Moncaprice
(photo E. Tillard).*

ment, allotement, logement et ambiance, changement d'alimentation... La prévention des troubles respiratoires ne peut donc pas être réduite à une prophylaxie purement médicale.

La pathologie parasitaire

Un suivi de l'infestation des animaux par les parasites digestifs a été mené dans les élevages allaitants et laitiers du suivi épidémiologique entre 1995 et 1996. Des prélèvements de fèces ont été effectués tous les mois sur des animaux regroupés en classes d'âge homogène. Sur chaque prélèvement, un comptage des œufs de strongles, de ténias et d'ascaris a été réalisé au laboratoire du Cirad-Elevage par la technique de MacMaster.

On constate que le parasitisme touche essentiellement les jeunes bovins allaitants. Chez les laitiers, on note une atteinte fréquente des jeunes animaux de moins de 4 mois par l'ascaridiose transmise par le lait de la mère (tableau 67). La comparaison des zones entre elles est difficilement interprétable en raison du déséquilibre dans l'effectif des élevages suivis. Les comptages les plus élevés sont régulièrement observés dans un élevage allaitant de la zone de Saint-Benoît, situé à basse altitude. Des cas mortels de dictyocaulose ont par ailleurs été observés sur des génisses allaitantes. L'ensemble de ces résultats est en accord avec les observations préalablement réalisées à la Réunion (BARRE, 1980).

Le parasitisme digestif est lié à la conduite des animaux sur pâturages naturels et favorisé par des conditions de chaleurs et d'humidité qui permettent la survie des œufs et des larves infestantes dans le milieu extérieur. Les veaux allaitants s'infestent massivement dès leurs premiers repas d'herbe. La contamination des pâturages est maintenue par la présence des animaux, des jeunes en particulier, si les rythmes de rotation sont trop lents. La fréquence réduite

Tableau 67. Résultats coproscopiques par classe d'âge, en élevages allaitants et laitiers. Un prélèvement est positif si on compte au moins 1 œuf. Les moyennes sont des moyennes géométriques.

	Nb	Moyenne	Maximum	Strongles % de +	Taenia % de +	Ascaris % de +
Elevages allaitants						
0-4 mois	71	68	36 000	69	22,5	12,7
4-8 mois	77	37	4 000	63,6	10,4	1,3
8-15 mois	26	23	1 700	53,8	7,7	0
15-24 mois	43	10	1 700	44,2	4,7	0
Adultes	90	3	300	23,3	0	0
Elevages laitiers						
0-4 mois	3	5	100	33,3	0	33,3
4-8 mois	25	5	800	28	4	0
8-15 mois	33	3	800	18,2	0	0
15-24 mois	13	1	100	7,7	0	7,7
Adultes	164	2	500	10,4	0,6	0

dans les élevages laitiers est essentiellement liée à une conduite hors sol plus répandue : fourrages cultivés, alimentation à l'auge, aire d'exercice ou stabulation permanente. Les variations mensuelles de l'infestation parasitaire observée sur les jeunes animaux de moins de 2 ans des élevages allaitants ne montrent pas de période particulièrement favorable.

La lutte repose sur des traitements chimiques individuels réguliers, dès le jeune âge en élevage allaitant, actifs à la fois sur les strongles digestifs et les ténias. Elle doit être associée à une utilisation raisonnée des parcelles d'herbe par les animaux (AUMONT, 1987).

Les maladies à transmission vectorielle

En 1994, le Grdsbr a mis en œuvre un vaste programme d'éradication de l'anaplasmose et des babésioses à la Réunion, dans le cadre du programme européen Poseidom. L'impact zootechnique et économique de ces hémoparasitoses et la présence sur l'île des différents vecteurs assurant leur transmission (tiques, mouches piqueuses) ont abouti à définir un plan de lutte intégrée alliant lutte chimique et lutte biologique contre les stomoxes, pour ramener et stabiliser les populations d'insectes vecteurs à un niveau compatible avec de bonnes performances zootechniques sans altérer les défenses immunitaires des animaux.

Le Cirad a collaboré à ce projet avec d'autres partenaires du Grdsbr, comme l'Ede, la Direction des services vétérinaires, le Laboratoire vétérinaire départemental et le Groupement technique vétérinaire. Il a apporté son aide à la définition des protocoles pour les bilans sérologiques, pour les suivis entomolo-

giques et épidémiologiques et pour la production de stomoxes et de parasitoïdes en laboratoire et le contrôle de leur efficacité sur le terrain (BARRE et LANOT, 1994). Il a aussi participé au traitement statistique des données (TILLARD et MESSAD, 1998) et s'est chargé des analyses sérologiques pour les babésioses, l'anaplasmose, la cowdriose et la dermatophilose, à la Guadeloupe, et de la maladie d'Akabane, à Maisons-Alfort.

Les données disponibles

Deux enquêtes séro-épidémiologiques ont été réalisées au début et à la fin du projet, en 1995 et en 1998, pour établir la prévalence de certaines maladies transmises par les insectes piqueurs et les tiques dans le cheptel bovin et caprin de la Réunion. L'objectif était de décrire la situation épidémiologique de départ des différentes maladies vectorielles sur l'île et, par l'examen de l'évolution de leur séroprévalence, d'apprécier indirectement les effets de la lutte contre les vecteurs. Les maladies recherchées et les méthodes sérologiques employées figurent dans le tableau 68.

Tableau 68. Agents recherchés, méthode utilisée, seuils et organismes concernés.

Sérums	Bovins	Caprins	94	98	Seuil +	Méthode	Organisme
Cowdriose	x	x	x	x	% DO > 50	ELISA	Cirad, Guadeloupe
Fièvre de la vallée du Rift	x	x	x			ELISA IFI ¹	Institut Pasteur
Maladie de Wesselsbrön	x	x	x			ELISA IFI	Institut Pasteur
Maladie d'Akabane	x	x	x		1/64	Séro-neutralisation	Cirad, Montpellier
Anaplasmose	x		x	x	% DO > 50	ELISA	Cirad, Guadeloupe
Babésiose à <i>B. bovis</i>	x		x	x	% DO > 50	ELISA	Cirad, Guadeloupe
Babésiose à <i>B. bigemina</i>	x		x	x	% DO > 50	ELISA	Cirad, Guadeloupe
Dermatophilose	x	x	x		% DO > 54	ELISA	Cirad, Guadeloupe
Fièvre Q	x	x	x	x	1/10-1/20	FC ²	LVD ³ Réunion
Chlamydie	x	x	x	x	1/10-1/20	FC	LVD Réunion
Leucose bovine	x		x	x	% DO > 50	ELISA	LVD Réunion
Maladie des muqueuses	x		x	x	% DO > 50	ELISA	LVD Réunion

1. IFI : immunofluorescence indirecte.

2. FC : fixation du complément.

3. LVD : Laboratoire vétérinaire départemental.

Des prélèvements sanguins ont été effectués sur 900 bovins et 600 caprins pour chaque bilan. Grâce à l'identification pérenne généralisée (IPG) menée par l'Ede, le choix des bovins prélevés a pu être établi sur la base de trois critères : la zone, l'âge et le type d'élevage. Cinq zones ont été définies en fonction de la pluviométrie, de l'altitude et de la proximité des champs de canne, qui constituent des gîtes de ponte pour les stomoxes (figure 88). Trois classes d'âge ont été retenues pour les bovins : 6-18 mois, 18-36 mois, plus de 36 mois. Deux classes ont été définies pour les caprins : moins de 2 ans et plus de 2 ans. Quatre types d'élevage — allaitant, laitier, engraisseur, non adhérent — ont également été distingués pour les bovins.

Pour les deux bilans, 60 bovins et 60 caprins ont été choisis au hasard pour chaque classe d'âge et pour chaque zone, en faisant toutefois en sorte pour les bovins que l'effectif par classe d'âge et par zone soit proportionnel à la distribution des animaux dans les quatre grands types d'élevage (tableau 69 ; LANOT, 1996). Les proportions d'animaux prélevés sont relativement proches des proportions d'animaux réellement présents à la Réunion selon les statistiques de l'Ede (EDE, 1995 ; tableau 69). Pour chaque agent infectieux, les fréquences sont calculées par le rapport du nombre d'animaux positifs (résultat sérologique supérieur ou égal au seuil retenu) au nombre total d'animaux prélevés dont le résultat sérologique est connu. Pour la fièvre de la vallée du Rift et la maladie de Wesselbrön, aucun sérum de bovin ou de petit ruminant ne possédait d'anticorps détectable par les techniques employées. Aucun des animaux prélevés n'avait donc été infecté par ces agents infectieux et l'on peut consi-

Tableau 69. Répartition des prélèvements pour les bilans initial et final.

Zone	Bovins Classes d'âge			Total	Caprins Classes d'âge		Total	Total global
	6-18 mois	18-36 mois	> 36 mois		< 2 ans	> 2 ans		
Bilan initial								
1	51	50	64	165	59	53	112	277
2	52	62	63	177	42	41	83	260
3	52	64	60	176	64	58	122	298
4	51	74	69	194	77	68	145	339
5	53	52	63	168	60	62	122	290
Total	259	302	319	880	302	282	584	1 464
Bilan final								
1	63	61	63	187	60	60	120	307
2	71	72	73	216	51	50	101	317
3	80	80	72	232	58	59	117	349
4	75	75	67	217	76	76	152	369
5	57	64	56	177	43	44	87	266
Total	346	352	331	1 029	288	289	577	1 606

dérer que la Réunion est indemne de ces deux maladies. Tous les autres agents infectieux sont présents et circulent à la Réunion. Les fréquences sont établies pour chaque agent infectieux, par espèce, par zone, par année et par type de production chez les bovins (tableaux 70 et 71).

L'éradication des vecteurs des hémoparasitoses

Les caractéristiques épidémiologiques des babésioses et de l'anaplasmose sont très proches. Le vecteur obligatoire pour la transmission des babésioses est une tique, *Boophilus microplus*, à un seul hôte et spécifique des ruminants. Elle est très largement répandue à la Réunion, en particulier dans les zones d'élevage des Hauts de l'île. L'anaplasmose est transmise par les tiques, surtout par *Boophilus*, mais également par des insectes piqueurs comme les stomoxes, qui jouent un rôle majeur si ce n'est prépondérant dans l'épidémiologie de cette affection. Dans les deux cas, la maladie se déclare si l'animal n'a pas été au préalable en contact avec le protozoaire et n'est pas immunisé. Pour limiter l'apparition des cas cliniques, préjudiciables sur le plan économique, on doit donc rechercher une situation où la pression parasitaire est assez faible pour que l'immunité ne soit pas débordée, mais suffisante pour que les jeunes subissent une première infection dans les premiers mois de vie, période durant laquelle ils restent protégés de manière passive par les anticorps maternels (BARRE, 1980).

Le risque clinique est l'élément majeur à considérer en matière d'hémoparasitose. Une méthode proposée par MAHONEY (1977) permet de caractériser la situation épidémiologique à partir de la prévalence sérologique observée chez les jeunes animaux. En effet, les jeunes animaux prélevés en 1995 et en 1998 sont forcément différents. De plus, les résultats sérologiques des animaux prélevés en 1998 reflètent directement l'impact du programme Poseidom, les facteurs climatiques mis à part. En considérant les animaux de la classe 6-18 mois, dont la moyenne d'âge est de 1 an, la situation est considérée comme stable avec une prévalence sérologique dépassant 84 % et instable en deçà, avec un risque maximal entre 17 et 84 %, et un risque moindre en deçà de 17 %, dû à la raréfaction des primo-infections (CAMUS et MONTENEGRO-JAMES, 1994 ; tableau 72 ; figure 88).

La situation épidémiologique des hémoparasitoses est instable pour les deux bilans, quels que soient l'agent infectieux, la zone et le type d'élevage, avec un risque maximal d'apparition de cas cliniques, en particulier chez les jeunes animaux, ce que semblent attester les relevés cliniques réalisés par les vétérinaires de l'île. Les trois hémoparasitoses sont souvent associées, ce qui confirme une certaine communauté des vecteurs de transmission (tiques). Néanmoins, l'évolution différente de la prévalence sérologique pour l'anaplasmose confirme l'importance des stomoxes dans la transmission de cette affection, déjà évoquée quelques années plus tôt (BARRE, 1980 ; POULIN, 1987).

On enregistre les séroprévalences les plus élevées dans les zones de pâturage (Plaines et Hauts de l'Ouest), plus propices au développement de *Boophilus*, et

Tableau 70. Bilans initial et final chez les bovins (en pourcentage d'infection).

	Zone	Type de production									
		Allaitant		Laitier		Engraisseur		Non-adhérent		Total	
		1994	1998	1994	1998	1994	1998	1994	1998	1994	1998
<i>Anaplasma</i>	1	22	33	–	–	100	–	8	15	9	17
	2	33	33	41	25	–	–	20	18	32	26
	3	–	–	15	25	–	38	13	15	14	22
	4	36	22	20	47	25	25	18	34	24	31
	5	29	42	50	35	11	21	14	19	16	24
	total	33	31	27	27	21	28	14	20	19	24
<i>Cowdria</i>	1	56	0	–	–	0	–	53	6	52	6
	2	15	0	36	9	–	–	24	9	25	6
	3	–	–	41	24	–	6	42	9	41	16
	4	42	2	30	7	50	13	42	7	41	6
	5	50	0	17	12	22	0	28	3	29	3
	total	32	1	38	17	29	7	40	7	38	8
<i>B. bigemina</i>	1	56	8	–	–	100	–	31	33	33	31
	2	56	42	60	44	–	–	46	23	55	38
	3	–	–	46	46	–	50	32	27	39	38
	4	73	37	70	53	50	44	47	30	57	35
	5	57	29	83	35	44	21	32	20	37	23
	total	63	36	55	45	50	39	37	27	45	33
<i>B. bovis</i>	1	44	58	–	–	0	–	10	8	12	11
	2	56	42	34	31	–	–	42	39	45	37
	3	–	–	23	10	–	38	6	12	15	13
	4	58	38	30	20	25	50	34	36	41	36
	5	36	58	33	18	22	50	20	20	22	27
	total	54	44	28	19	21	46	20	20	28	25
Fièvre Q (1/10)	1	33	67	–	–	100	–	20	79	21	78
	2	22	55	32	64	–	–	16	75	24	64
	3	–	–	34	77	50	81	15	72	25	75
	4	4	61	30	67	0	94	25	64	18	66
	5	21	63	17	100	50	92	21	80	22	80
	total	16	59	32	73	42	89	20	74	22	72
Fièvre Q (1/20)	1	0	8	–	–	0	–	6	25	5	24
	2	1	12	5	19	–	–	0	20	2	17
	3	–	–	6	11	0	19	3	12	4	12
	4	0	15	0	33	0	38	5	21	3	21
	5	0	8	0	47	25	38	4	40	4	36
	total	1	12	5	18	11	31	4	25	4	21
<i>Chlamydia</i> (1/10)	1	89	67	–	–	100	–	79	85	80	84
	2	70	72	88	76	–	–	70	76	76	74
	3	–	–	78	70	83	63	73	82	75	75
	4	55	77	40	67	100	100	71	77	65	78
	5	79	63	83	100	63	92	79	90	78	87
	total	66	72	79	74	79	84	76	83	75	79
<i>Chlamydia</i> (1/20)	1	44	17	–	–	100	–	38	31	39	30
	2	39	21	37	37	–	–	20	27	33	28
	3	–	–	19	30	0	44	28	46	23	38
	4	18	39	0	40	25	56	28	32	23	36
	5	21	21	17	65	50	62	32	47	31	46
	total	29	27	25	36	32	53	31	37	30	36
Leucose	1	75	45	–	–	100	–	31	43	33	43
	2	31	34	29	42	–	–	36	42	32	39
	3	–	–	38	62	0	80	27	29	31	49
	4	48	55	20	54	0	73	27	45	33	51
	5	36	39	33	67	13	14	22	34	23	36
	total	41	43	33	55	11	57	28	39	30	44
Maladie des muqueuses	1	78	58	–	–	100	–	66	47	67	48
	2	67	49	54	38	–	–	64	40	62	43
	3	–	–	71	42	83	13	60	33	66	36
	4	77	44	50	47	100	75	67	46	70	48
	5	86	25	50	76	75	29	60	56	63	51
	total	73	45	63	43	84	39	64	46	66	45

Tableau 71. Bilans initial et final chez les caprins (en pourcentage).

	Zone											
	1		2		3		4		5		Total	
	1994	1998	1994	1998	1994	1998	1994	1998	1994	1998	1994	1998
<i>Cowdria</i>	19	3	10	0	4	1	4	3	2	3	7	2
Fievre Q (1/10)	98	87	89	77	72	88	84	89	68	93	81	87
Fievre Q (1/20)	43	36	44	27	27	37	50	48	30	51	39	40
<i>Chlamydia</i> (1/10)	98	85	90	84	61	81	78	96	68	93	77	88
<i>Chlamydia</i> (1/20)	37	32	38	43	25	42	34	50	28	58	32	45

Tableau 72. Récapitulation des séroprévalences (en pourcentage) par zone et par type pour la classe d'âge 6-18 mois.

		Type				Zone					Total
		Allaitant	Laitier	Engrais	Non-adhérent	Nord-est	Plaines	Saint-Joseph	Hauts de l'Ouest	Sud	
<i>Anaplasma</i>	1994	32,4	20,9	12,5	11,0	7,8	34,7	8,9	15,7	11,5	15,7
	1998	32,8	21,6	30,4	20,9	15,9	23,9	20,0	30,7	28,1	23,7
	Total	32,6	21,4	25,8	16,4	12,3	28,3	16,0	24,6	20,2	20,4
<i>B. bigemina</i>	1994	67,6	48,8	62,5	30,7	25,5	57,1	40,0	58,8	19,2	39,9
	1998	48,3	40,5	47,8	27,7	33,3	45,1	37,5	36,0	21,1	35,3
	Total	55,4	43,6	51,6	29,1	29,8	50,0	38,4	45,2	20,2	37,2
<i>B. bovis</i>	1994	61,8	23,3	25,0	19,6	9,8	53,1	11,1	39,2	17,3	26,2
	1998	50,0	18,9	43,5	24,6	19,0	40,8	16,3	33,3	36,8	28,9
	Total	54,3	20,5	38,7	22,3	14,9	45,8	14,4	35,7	27,5	27,8

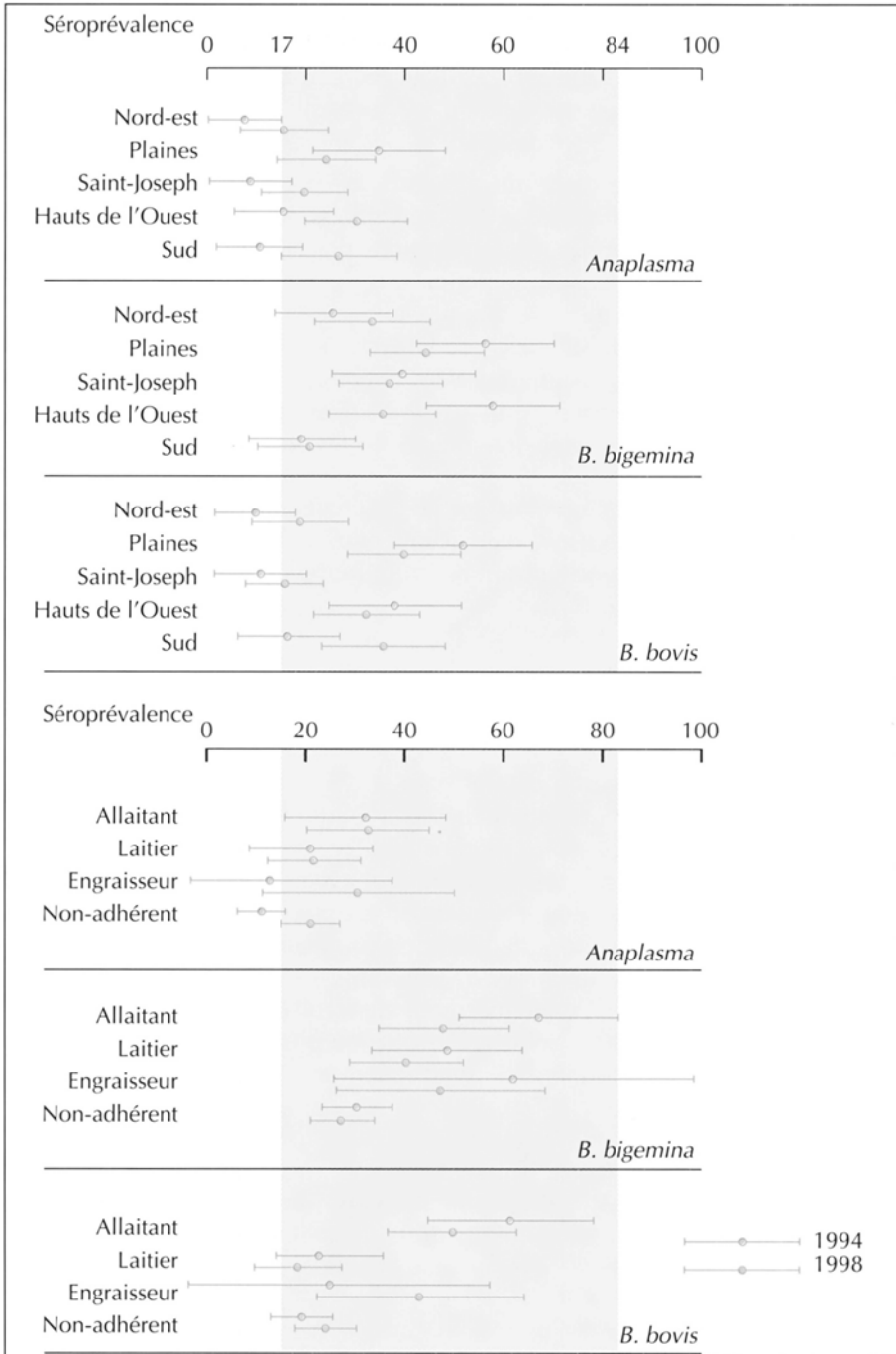


Figure 88. Représentation des séroprévalences par agent infectieux, par zone et par type d'élevage (moyenne et intervalle de confiance). La zone de risque maximal est matérialisée en gris.

pour le type allaitant qui les fréquente le plus. Le type « non adhérent » présente la prévalence sérologique la plus faible pour les deux bilans, ce qui pourrait être lié au fait que la stabulation ou l'attache au piquet sont des conditions défavorables à la réalisation des cycles parasitaires chez la tique (BARRE, 1980). Les résultats sont toutefois équivoques au vu des enregistrements cliniques.

La lutte engagée dans le cadre du programme Poseidom par le Grdsbr ne pourra pas avoir d'effet durable sur les productions et l'état sanitaire des animaux si l'on ne maintient pas des applications d'acaricides sur les bovins en saison des pluies, période de pullulation des vecteurs, ces traitements chimiques venant en complément de la lutte biologique qui assure une action de fond sur les populations de stomoxes. La lutte chimique est justifiée pour diminuer le risque de primo-infection chez les animaux vierges et éviter les ruptures d'immunité sur les autres. Son arrêt se solderait très probablement par une flambée de parasitoses sanguines aiguës. L'élevage réunionnais peut donc attendre un bénéfice très significatif de ces mesures, mais on doit rester conscient que la protection immunitaire du cheptel contre les hémoparasitoses se maintiendra au mieux à son niveau actuel, et que l'éradication des tiques et des stomoxes demeure une entreprise ambitieuse mais difficile à réaliser (BARRE, 1981 ; LANOT, 1996).

La cowdriose

Pour la cowdriose, on passe d'une séroprévalence de 38 % à 8 % chez les bovins et de 7 à 2 % chez les caprins entre 1995 et 1998. Cette chute de la prévalence sérologique peut être imputable en partie à une amélioration de la spécificité du test utilisé en 1998. En effet, chez les bovins, en 1995, les résultats sérologiques pour la cowdriose contrastent avec l'extrême rareté des descriptions cliniques. Les 25 % de sérums bovins positifs en 1995 (seuil de 50 %) dans la zone des plaines, dont l'altitude exclut la présence d'*Amblyomma*, peuvent être dus soit à des animaux achetés dans les Bas, soit à des réactions sérologiques croisées avec l'ehrlichiose bovine, problème bien connu et souvent rencontré dans d'autres enquêtes sérologiques (MARTINEZ *et al.*, 1993b). L'extrême rareté des descriptions cliniques peut aussi être due à une absence de diagnostic. Si les recherches de *Cowdria* ne sont pas effectuées systématiquement (frottis de cerveau), la maladie peut rester sous-estimée et paraître peu répandue (CAMUS et BARRE, 1988). Avec une séroprévalence de 16 % en 1998, établie avec un test très spécifique, Saint-Joseph est actuellement la zone où le risque d'apparition clinique de la maladie chez les bovins semble le plus élevé, en particulier chez les animaux laitiers.

La dermatophilose

Les résultats sérologiques montrent une circulation dans toutes les zones de la bactérie *Dermatophilus congolensis*, sans aucune différence de prévalence

entre les zones. Il n'y a pas de relation directe entre la séroprévalence et le risque de maladie. Des facteurs extérieurs favorisant sont nécessaires à l'expression clinique d'une infection comme l'humidité élevée et la présence de la tique *Amblyomma variegatum*, qui joue un rôle pathogène par l'activité immunodépressive de certains de ses facteurs salivaires encore mal connus, sans toutefois jouer le rôle de vecteur (MARTINEZ *et al.*, 1993a).

La leucose

La séroprévalence de la leucose progresse régulièrement depuis 1987, où l'on comptait 25 % de bovins positifs (PRUNAUX *et al.*, 1991). On peut donc penser que les caractéristiques locales sont favorables à la dissémination du virus. Le rôle de vecteur passif des stomoxes ou des tiques est connu. Les résultats des bilans semblent montrer que ce mode de transmission n'est pas le seul en cause. En métropole, dans les conditions naturelles, l'infection est rarement contractée avant 18 mois et le taux d'infection s'accroît régulièrement après cet âge jusqu'à l'âge de 6 à 8 ans. A la Réunion, on est passé de 22 à 33 % de séroprévalence entre 1995 et 1998, pour la classe d'âge 6-18 mois. La transmission *in utero* pourrait donc être un mode de transmission non négligeable. Des taux de transmission variant de 14 à 25 % des mères infectées sont en effet évoqués dans la littérature (TOMA *et al.*, 1984).

La maladie d'Akabane

Les rares enquêtes séro-épidémiologiques montrent une très large distribution du virus de la maladie d'Akabane en Asie du sud-est et en Afrique. Il est essentiellement transmis par des moustiques (culicoïdes) et se traduit par des avortements, une mortinatalité et des malformations congénitales du nouveau-né, rarement décrits sur l'île. Les anticorps sont neutralisants et il paraît logique qu'avec des taux de séroprévalence de 96 % en moyenne, au seuil de 1/4, la maladie ne s'exprime pas ou très peu sur le plan clinique (INABA et MATUMOTO, 1990).

La maladie des muqueuses

Comme c'est le cas actuellement dans la plupart des pays européens où on observe des taux d'infection variant de 60 à 80 %, l'infection par le BVD est très largement répandue, dans toutes les zones et dans tous les types d'élevage. L'immunologie de cette maladie est très particulière. Le risque principal présenté par cette virose est l'infection intra-utérine d'une mère non immunisée entre 40 et 125 jours de gestation. Cette infection peut aboutir à la naissance de veaux cliniquement sains, porteurs immunotolérants du virus en permanence, incapables de produire des anticorps et donc séronégatifs. Ces veaux

constituent le réservoir majeur du virus à partir duquel vont naître et se propager de nouvelles infections (ADOUX *et al.*, 1993). La contagion se fait principalement par contact direct et étroit entre un animal excréteur et un animal sensible. Cependant, la transmission indirecte et mécanique par des insectes piqueurs, en particulier les stomoxes, est possible et a déjà été prouvée expérimentalement (TARRY *et al.*, 1991)

L'étude mise en place en 1995 dans les ateliers d'engraissement a permis d'identifier l'implication du BVDV et du RSV dans l'apparition des broncho-pneumonies. Une prophylaxie médicale a été donc mise en place sur les jeunes broutards à leur arrivée au centre d'allotement de Moncaprice, mais également sur les génisses de renouvellement au moment du sevrage en élevage allaitant et sur les génisses laitières dès leur arrivée dans la ferme de la Sicalait. Cette vaccination a permis de diminuer considérablement l'incidence de cette pathologie. La baisse de la séroprévalence générale de plus de 20 points observée entre 1995 et 1998, en particulier chez les jeunes, pourrait donc être liée, au moins pour partie, à une diminution du nombre de porteurs immunotolérants du virus engendrée par les différentes prophylaxies médicales mises en place ces dernières années à la Réunion. Néanmoins, le rôle des insectes dans la transmission de la maladie à la Réunion mérite également d'être évoqué et par la suite confirmé.

La chlamydiose et la fièvre Q

Les résultats sérologiques montrent une association fréquente de la chlamydiose et de la fièvre Q, à la fois chez les bovins et les caprins : 19 % des bovins et 67 % des caprins sont doublement positifs pour le bilan initial ; 61 % des bovins et 80 % des caprins le sont pour le bilan final. Une transmission identique est donc fort probable, au moins pour les caprins, chez lesquels on peut écarter toute interférence vaccinale. De manière plus générale, le statut sérologique des animaux vis-à-vis de ces agents infectieux, mais également vis-à-vis d'agents viraux (leucose et BVD), est indépendant du statut sérologique vis-à-vis des hémoparasitoses. De plus, les animaux fortement séropositifs à la fièvre Q et à la chlamydiose s'opposent aux animaux positifs à la leucose et à la BVD. La transmission des hémoparasitoses (*Babesia bigemina* et *bovis*, *Anaplasma*) est donc probablement différente de celle de la fièvre Q et de la chlamydiose, elle-même différente de celle de la leucose et de la maladie des muqueuses.

Pour la chlamydiose, on observe chez les bovins une augmentation modérée de la prévalence, plus marquée en élevage laitier, et au contraire une augmentation de la prévalence plus forte chez les caprins. Une large majorité des réactions positives vis-à-vis de la cowdriose et de la dermatophilose chez les caprins s'observe sur des animaux conjointement positifs à la chlamydiose. *Amblyomma variegatum* pourrait ainsi être impliqué dans la transmission de la

chlamydieuse aux caprins. Le rôle de la tique *Boophilus* comme réservoir de *Chlamydia* et de *Coxiella burnetti* est également décrit (POULIN, 1987).

La transmission de la fièvre Q se fait soit par contact direct et étroit entre deux animaux (inhalation), soit par l'intermédiaire d'une tique (*Boophilus microplus*). La prévalence sérologique observée en 1995 est conforme aux résultats d'autres enquêtes séro-épidémiologiques effectuées en Europe (LITERAK et KROUPA, 1998). Le fait le plus marquant est l'ampleur de l'augmentation de la prévalence chez les bovins entre 1995 et 1998, quels que soient le type d'élevage, la zone et la classe d'âge. Le même test a été utilisé pour les deux bilans. Il est difficile pour le moment d'avancer une explication à cette hausse de prévalence d'autant que l'incidence des avortements et des métrites n'a pas flambé.

Conclusion

Les hémoparasitoses constituent la première des pathologies tropicales rencontrées à la Réunion. La situation épidémiologique actuelle de ces infections, leur gravité clinique et les coûts qu'elles engendrent justifient la mise en place d'un diagnostic plus efficace et l'intensification de la lutte entreprise voici plusieurs années par le Grdsbr, une lutte intégrée associant un volet chimique et un volet biologique contre les vecteurs des hémoparasitoses.

Conclusion

Gilles Mandret, Philippe Hassoun, Emmanuel Tillard,
Jean-Marie Paillat, Vincent Blanfort

Depuis plus de dix ans, le Cirad conduit des recherches sur l'utilisation et la valorisation des ressources alimentaires par les bovins à la Réunion. Elles répondaient aux préoccupations des partenaires réunionnais du Cirad et visaient à mieux comprendre la variabilité des systèmes d'élevage, des systèmes fourragers et des performances zootechniques. Elles devaient aboutir à des solutions qui permettent aux éleveurs et à leurs organisations professionnelles de tirer le meilleur parti de leurs activités d'élevage. Mais l'intérêt des méthodes et des outils d'aide à la décision qui ont été développés à la Réunion dépasse largement le cadre de l'île, pour s'étendre à toute la zone tropicale, et plus particulièrement aux régions d'altitude.

Les recherches conduites sur les productions fourragères ont apporté des solutions au problème du déficit fourrager hivernal, tant par le choix d'espèces et l'utilisation de techniques d'implantation adaptées, que par la constitution de réserves fourragères ou la gestion des systèmes fourragers. L'introduction d'espèces fourragères et l'étude de leur comportement dans différentes situations écologiques nous a conforté dans l'idée que les éleveurs utilisaient déjà des fourrages à haut potentiel. Le choix des cultivars doit maintenant s'orienter vers une meilleure adaptation aux pratiques des éleveurs.

L'analyse de la teneur en éléments minéraux dans le végétal, pour les divers peuplements prairiaux étudiés, a fait ressortir des carences et des déséquilibres en éléments nutritifs. Elle a aussi révélé que les modèles de nutrition minérale de référence en métropole sont utilisables dans les conditions locales. Les équations de dilution et les indices de nutrition minérale qui en découlent peuvent être considérés comme un outil de diagnostic de la fertilité des prairies. Mis en œuvre à la Réunion sur les peuplements prairiaux tempérés et tropicaux, cet outil peut contribuer efficacement à l'amélioration de la gestion de la fertilisation des prairies à la Réunion, principal garant de leur pérennité.

Les systèmes herbagers bovins constituent en effet la base de l'activité agricole de la zone d'altitude de la Réunion. Leur pérennité est un enjeu majeur pour l'économie de la filière de l'élevage. On constate cependant que la production d'herbe y est très irrégulière en quantité et en qualité au cours de l'année, ce qui entraîne des déséquilibres entre l'offre alimentaire et la demande du troupeau. De plus, en raison des fortes pentes, les prairies semées et, plus généralement, l'ensemble des formations végétales, sont soumis à une intense dégradation. Face aux fortes contraintes qu'impose le relief, les pratiques les plus efficaces sont la fertilisation et la conduite du pâturage tournant.

Les recherches entreprises ont aussi conduit à définir des modalités de gestion des prairies qui permettent d'améliorer l'alimentation des animaux au pâturage tout en assurant la pérennité des ressources herbagères. Il s'agissait d'évaluer l'influence des pratiques des éleveurs et des facteurs du milieu sur la maîtrise à court terme de la biomasse herbacée et sur l'évolution, à plus long terme, de sa composition botanique. Depuis 1996, les outils de gestion mis au point par

Le Cirad-Elevage ont été transférés à l'Union des Afp, principal partenaire de cette opération, qui a créé un nouveau volet d'intervention : le conseil en gestion des prairies. Après trois ans de fonctionnement, on constate des améliorations sensibles dans les modes d'exploitation des pâturages, mais il est désormais nécessaire de rendre plus efficaces et plus pertinentes les aides à la gestion proposées aux éleveurs. Les modalités d'intervention actuelles doivent notamment s'accompagner d'une meilleure prise en compte de l'animal et de son système d'alimentation (ressources internes et externes à l'exploitation). Dans les années à venir, les recherches sur les plantes fourragères à haute valeur énergétique, comme le triticale, le maïs et, dans une moindre mesure, la patate douce, pourront entraîner des changements dans les pratiques. De même, des investigations plus poussées sur le fonctionnement des exploitations permettront de mieux intégrer les logiques et les stratégies des éleveurs dans la gestion des ressources fourragères

Les expérimentations avec les éleveurs, l'Union des Afp et la Sicalait sur la constitution de réserves fourragères ont abordé plusieurs aspects comme l'aptitude des fourrages à l'ensilage, la dessiccation, l'étanchéité et la résistance des films étirables, les processus fermentaires et la qualité de conservation des ensilages, le coût des techniques. Elles ont permis d'apprécier les limites des techniques d'ensilage et de préciser les conditions dans lesquelles elles peuvent être optimisées.

Mais le problème du déficit fourrager reste toujours d'actualité, car la taille des cheptels bovins laitiers continue de croître alors que les surfaces fourragères sont limitées. Les professionnels de la filière ont donc cherché à mobiliser d'autres ressources fourragères bon marché, comme la paille de canne. C'est pourquoi, au cours des trois dernières années, le Cirad a été amené à préciser les modalités de séchage, de conditionnement et de stockage de cette paille. Il a ainsi mis au point un traitement à l'ammoniac généré à partir de l'urée et défini les conditions d'utilisation de la paille dans les rations d'animaux en croissance, qui permettent désormais d'envisager une exploitation plus diversifiée de ce résidu de récolte. Ces résultats intéressent des pays voisins comme Maurice et l'Afrique du Sud. Même si certains aspects liés à la complémentation de ce fourrage restent à améliorer, des opérations de vulgarisation pourraient déjà être mises en place avec les organismes de développement.

Les systèmes de rationnement des troupeaux laitiers font appel à des fourrages dont la nature et la présentation sont très diverses dans le temps et dans l'espace. Les quantités de fourrage distribuées sont souvent réduites et les aliments concentrés sont largement utilisés pour couvrir les besoins de la production et, pour partie, ceux de l'entretien. Cette pratique de rationnement non raisonnée en fonction de la situation fourragère pénalise la valorisation de certaines catégories de fourrage, notamment les meilleurs. Si la gestion des prairies ne s'améliore pas, l'augmentation de la taille des troupeaux et l'installation d'ateliers d'élevage de génisses limiteront plus encore l'apport fourrager et

accroîtront, en conséquence, la part des aliments concentrés. Sur la base des résultats obtenus, le Cirad étudie dès maintenant des propositions pour mettre en place des systèmes de rationnement plus adaptés aux situations fourragères variées auxquelles les éleveurs sont confrontés.

Sur le plan zootechnique, un suivi informatisé des performances de reproduction en élevage laitier a été mis en place depuis 1994. Cet outil opérationnel permet aujourd'hui de restituer aux éleveurs des bilans réguliers, en temps réel. Les informations recueillies ont permis de mieux évaluer les performances de reproduction des élevages laitiers de l'île et de trouver certaines voies d'amélioration. L'analyse des données a révélé cependant l'ampleur de la variabilité des résultats de reproduction, tant à l'échelle de l'animal qu'à celle du troupeau, ce qui laisse supposer que l'origine des troubles de la reproduction est complexe.

A la Réunion, les facteurs à l'origine de l'infertilité demeurent encore mal connus. Différentes hypothèses sont évoquées : niveau technique, pratiques d'élevage, hygiène, alimentation, état sanitaire, niveau de production laitière, conditions climatiques... Le suivi, réduit jusqu'à présent au diagnostic de gestation et au traitement hormonal des vaches infécondes, s'il a permis une amélioration sensible au cours des premières années, atteint aujourd'hui ses limites. Par ailleurs, l'approche de questions multifactorielles comme l'infertilité ne peut être envisagée de façon efficace sans une démarche collective. La prise en compte depuis 1992 des problèmes de santé grâce à la participation des vétérinaires a été dans ce sens essentielle. Il paraît souhaitable d'élargir encore le cercle des intervenants afin d'aborder de manière rigoureuse les facteurs de variation de la fécondité liés au statut nutritionnel des animaux et aux pratiques des éleveurs.

Pour répondre à ces questions et mieux cerner les causes des troubles de la reproduction, une opération de recherche a été lancée récemment par le Cirad-Elevage, en partenariat étroit avec la Sicalait, l'Ede et les vétérinaires, pour identifier les facteurs de risque d'infertilité à différentes échelles d'observation, en tenant compte de tous les éléments susceptibles d'avoir un impact sur les performances de reproduction. Les élevages allaitants étant particulièrement touchés par les troubles de la reproduction, on pourra envisager une extension de l'étude à ces élevages en utilisant la même approche, dans le prolongement de cette opération.

Il est clair que, dans le cas des troupeaux allaitants, l'alimentation est le principal facteur influençant les performances de croissance et de reproduction. Les études menées par le Cirad sur le comportement alimentaire de ces troupeaux au pâturage ont montré l'importance du disponible fourrager et de la gestion des surfaces pâturées sur l'animal. Les conditions climatiques interviennent indirectement ou de manière limitée sur le comportement des animaux, contrairement à ce que l'on observe habituellement en zone tropicale. D'autre part, la plupart des éleveurs de troupeaux allaitants ne complètent

que les jeunes. Les animaux adultes et les femelles de renouvellement sevrées tirent leur nourriture uniquement du pâturage et ne reçoivent que rarement une complémentation minérale, d'où l'importance que revêt la bonne gestion de ces surfaces, notamment les pâturages constitués de kikuyu.

Les résultats obtenus en atelier d'engraissement ne permettent pas de tirer des conclusions définitives sur l'alimentation et les performances dans ce type de production. Ces ateliers utilisent principalement des fourrages pauvres ou des sous-produits de la canne à sucre. L'introduction récente chez quelques éleveurs de l'ensilage de maïs devrait assurer de meilleurs résultats, notamment en finition. Mais les faibles surfaces disponibles et les contraintes de mécanisation et d'adaptation des variétés doivent encore être étudiées.

Du point de vue sanitaire, le suivi épidémiologique a permis d'identifier les actions à mener en priorité, dans le cas des broncho-pneumopathies des jeunes bovins à l'engrais, par exemple, aujourd'hui quasiment disparues grâce à la vaccination mixte RSV-BVDV. Les actions menées par le Grdsbr dans le cadre du programme Poseidom vétérinaire ont permis par ailleurs de fournir une description précise de la situation épidémiologique des différentes maladies à transmission vectorielle présentes sur l'île.

A côté de ce type de trouble sanitaire, dont la cause est bien cernée, il existe une pathologie du quotidien, dite pathologie d'élevage, très fréquente, peu spectaculaire et rarement mortelle (infertilité, mammites, pathologies podales, réformes précoces). Cette pathologie est liée à l'intensification des productions animales et entraîne en général les pertes zootechniques et économiques les plus importantes et les plus insidieuses. L'expérience acquise par l'Inra et le Cirad, en Europe comme en milieu tropical, est un atout important pour l'étude de ces problèmes d'origine multifactorielle et pour l'élaboration de plans de prévention adaptés à chaque élevage.

Il y a lieu cependant de dépasser les seules préoccupations économiques et de s'intéresser aux autres aspects négatifs des maladies animales, comme leurs répercussions possibles sur la santé publique, sur la qualité des productions et sur l'environnement. Dans ce cadre, le Cirad continuera d'apporter son appui aux programmes mis en place à la Réunion pour maîtriser l'état sanitaire des troupeaux comme le Resir, réseau d'épidémio-surveillance, ou le programme de lutte intégrée contre les hémoparasitoses des ruminants du Poseidom, établis par les professionnels de la santé animale.

Globalement, on peut dire que les travaux conduits par le Cirad-Elevage ont répondu à un certain nombre de problèmes techniques posés par les filières bovines. Le travail réalisé sur la gestion raisonnée des prairies doit maintenant être complété et conforté par une étude portant sur le lien entre la gestion des pâturages et les performances animales. C'est l'un des nouveaux thèmes de recherche abordés par le Cirad à la Réunion avec ses partenaires.

De même, l'approche des questions multifactorielle, comme l'infécondité d'étable, mais aussi les mammites, les avortements, les boiteries, la pathologie

d'élevage ou les problèmes de production laitière, ne peut se concevoir sans une démarche collective fondée sur le principe d'un groupe de travail. L'expérience acquise par l'Inra et le Cirad en la matière est un atout indéniable.

La mise en place à court terme par le Grdsbr d'un réseau d'épidémiologie multispécifique à l'échelle de l'île montre, s'il en était besoin, le souci constant des filières, des organismes impliqués dans l'élevage, des producteurs et des éleveurs bovins de maîtriser l'ensemble des moyens de production.

Les programmes de recherche du Cirad qui prennent en compte les contraintes techniques, environnementales, mais aussi économiques permettront de modéliser le fonctionnement technico-économique des exploitations d'élevage, notamment des élevages laitiers. Les typologies préalablement établies peuvent permettre de construire ces modèles. Ce travail de modélisation pourrait, à terme, déboucher sur une aide à la décision pour les organisations professionnelles dans le choix des systèmes de production ou dans l'évaluation préalable d'une politique de développement de la filière.

L'important travail réalisé par la recherche et les organismes intervenant dans le domaine de l'élevage doit être valorisé pour que les efforts considérables consentis par les éleveurs pour maintenir un outil de production viable soient récompensés. C'était l'objectif de cette synthèse. La nouvelle démarche, que la filière laitière et l'ensemble des éleveurs ont déjà amorcée pour des produits de qualité et une production respectueuse de l'environnement, est très certainement une voie d'avenir que la recherche devra accompagner afin que le développement des Hauts, et de l'île en général, se poursuive au bénéfice de tous. Les approches nouvelles de l'agriculture, telles que les contrats territoriaux d'exploitation, joueront vraisemblablement un rôle primordial dans le développement de l'élevage, acteur reconnu de l'aménagement de l'espace à la Réunion.

Références bibliographiques

- ACTA, 1987a. Ray-grass anglais. Paris, France, Acta, fiche n° 410, 2 p.
- ACTA, 1987b. Ray-grass d'Italie. Paris, France, Acta, fiche n° 409, 2 p.
- ACTA, 1987c. Ray-grass hybride. Paris, France, Acta, fiche n° 413, 2 p.
- ACTA, 1987d. Fétuque élevée. Paris, France, Acta, fiche n° 406, 2 p.
- ACTA, 1988. Bromes. Paris, France, Acta, fiche n° 414, 2 p.
- ADJIRI E., 1991. Modélisation du comportement de quelques cellules motrices pour le transport en zone de montagne réunionnaise. Mémoire d'ingénieur, Centre national d'études agronomiques des régions chaudes, Montpellier, France, 52 p.
- ADOUX C., 1992. L'Ibr ou rhinotrachéite infectieuse bovine. Fédération régionale des groupements de défense sanitaire, Rhône-Alpes, 12 p.
- ADOUX C., BONCZAK J.M., CARBONIERE J.M., CARRAUD A., COCHE B., ELOIT M., GUERIN B., MOLLEVILLE P., JOLY A., MOQUAY V., PETIT E., ROUBIN Y., SAVEY M., THOLONIAT C., TOUVATIER A., 1993. Compte rendu des travaux du groupe BVD-MD. 52 p.
- AFNOR, 1980. Plastiques : méthodes d'exposition aux intempéries. Paris, France, Afnor, norme NF T 51-165, 11 p.
- AGRESTE, 1993. Annuaire de statistiques agricoles : Réunion, année 1993. Ministère de l'agriculture et de la pêche, 60 p.
- ALBY J., SERVIABLE M., 1981. Bourbon anglaise ou la correspondance d'Abercromby. Sainte-Clotilde, Réunion, ARS terres créoles, collection Mascarin, 107 p.
- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., 1987. Valeur nutritive des fourrages : tables et prévisions. Bulletin technique du Centre de recherches zootechniques et vétérinaires de Theix, 70 : 61-73.
- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., BELARD D., 1986. Composition, aptitude à l'ensilage et valeur nutritive des prairies naturelles du Cantal destinées à l'ensilage. In : Forum fourrage Auvergne 86, p. 199-208.
- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., ROUEL J., 1990. Conservation et valeur alimentaire des ensilages directs de prairies naturelles : comparaisons de trois types de conservateurs. Productions animales, 3 : 67-73.
- ANDRIEU J.P., DEMARQUILLY C., ROUEL J., 1992. Conservation et utilisation par les génisses de l'herbe de prairies naturelles : intérêt des balles rondes enrubbannées comparativement à l'ensilage direct et au foin. Productions animales, 5 : 205-212.
- ANH J.H., ROBERTSON B.M., ELLIOTT R., GUTTERIDGE R.C., FORD C.W., 1989. Quality assessment of tropical browse legumes: tannin content and protein degradation. Animal Feed Science and Technology, 27 : 147-156.
- ANINDO D.O., POTTER H.L., 1986. Milk production from napier grass (*Pennisetum purpureum*) in a zero-grazing feeding system. East African Agricultural and Forestry Journal, 52 : 106-111.
- ANONYME, 1994. Caractéristiques et valeurs alimentaires des fourrages de Nouvelle-Calédonie. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Salas, 184 p.

ANSEL J.C., 1979. Procès verbal de la réunion de la conférence de coordination technique de l'élevage du 14 septembre 1979. Saint-Denis, Réunion, Direction départementale de l'agriculture, 5 p.

ANSEL J.C., 1980a. L'élevage à la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Direction départementale de l'élevage, p. 7-27.

ANSEL J.C., 1980b. Procès verbal de la réunion de la conférence de coordination technique de l'élevage du 29 avril 1980. Saint-Denis, Réunion, Direction départementale de l'agriculture, 4 p.

ARCHIVES DEPARTEMENTALES DE LA REUNION. 7M50, 7M52, FM53. Saint-Denis, Réunion.

ARNOLD F., 1984. Capacité de traction de cellules motrices de faible puissance dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. Mémoire, Institut supérieur technique d'outre-mer, Le Havre, France, 77 p.

ARNOLD G.W., 1981. Grazing behaviour. *World Animal Science*, 5 : 79-104.

ARTUS F., CHAMPANHET F., 1989. Contribution à l'étude de la production de foin en milieu tropical humide : facteurs de dessiccation et de conservation dans les conditions de la Martinique. *In* : Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide, A. Xandé et G. Alexandre éd., Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, Inra, p. 65-76.

AUFRERE J., MICHALET-DOREAU B., 1988. Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 20 : 203-218.

AUMONT G., 1987. Dynamique des populations de stades infestants de strongles gastro-intestinaux en Guadeloupe : conséquences épidémiologiques de différents types de gestion des pâturages. *In* : Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide, A. Xandé et G. Alexandre éd., Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, Inra, p. 145-157.

AUMONT G., CAUDRON I., XANDE A., 1991. Tables des valeurs alimentaires de fourrages tropicaux de la zone caraïbe et de la Réunion. Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, Inra, 119 p.

BAKER J.C., ELLIS J.A., CLARK E.G., 1997. Bovine respiratory syncytial virus. *Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, 13 : 425-454.

BALENT G., 1987. Structure, fonctionnement et évolution d'un système pastoral : le pâturage vu comme un facteur écologique piloté dans les Pyrénées centrales. Thèse de doctorat d'Etat, université Rennes I, Rennes, France, 146 p.

BALENT G., ALLARD D., BLANFORT V., GIBON A., 1998. Activités de pâturage : paysages et biodiversité. *Annales de zootechnie*, 47 : 419-429.

BALENT G., DURU M., MAGDA D., 1993. Pratiques de gestion et dynamique de la végétation des prairies permanentes : une méthode pour le diagnostic agroécologique, une application aux prairies de l'Aubrac et de la vallée de l'Aveyron. *In* : Pratiques d'élevage extensif : études et recherches sur les systèmes agraires et le développement. Tours, France, Inra, p. 283-302.

BARASSIN J., 1989. La vie quotidienne des colons de l'île Bourbon à la fin du règne de Louis XIV, 1700-1715. Réunion, Académie de la Réunion, p. 156-226.

BARNOUIN J., BROCHART M., 1986. Hiérarchie des problèmes pathologiques rencontrés sur des vaches allaitantes Limousines. *Annales de recherches vétérinaires*, 17 : 225-226.

- BARRE N., 1980. Parasites des animaux domestiques à la Réunion : inventaire, moyens de lutte. Saint-Pierre, Réunion, Iemvt, 101 p.
- BARRE N., 1981. L'éradication des tiques du bétail de la Réunion est-elle possible ? Bilan d'une campagne de détiage dans deux zones pilotes. Saint-Pierre, Réunion, Etablissement départemental d'élevage ; Iemvt, 35 p.
- BARRE N., LANOT F., 1994. Poseidom vétérinaire : protocoles scientifiques et techniques. Saint-Pierre, Réunion, Cirad, 44 p.
- BAVOUX C., 1994. François de Mahy, autour de l'île Bourbon et de Madagascar : fragments de lettres familières. Paris, France, Champion, 153 p.
- BAZIN S., 1984. Grille des notations de l'état d'engraissement des vaches Pie Noires. Paris, France, Institut technique de l'élevage bovin, 31 p.
- BENOIST J., 1984. Paysans de la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Fondation pour la recherche et le développement dans l'océan Indien, Documents et recherches n° 8, p. 153-229e.
- BERGES J.M., BIANCHI M., HUMBLLOT P., THIBIER M., 1990. La reproduction des bovins en Nouvelle-Calédonie : reprise des activités sexuelles post-partum. *In* : La reproduction des ruminants en zone tropicale. Maisons-Alfort, France, Cirad-Iemvt, p. 19-34
- BERTILE W., 1978. Rapport de la commission spéciale « élevage bovin » : situation, problèmes et perspectives de l'élevage bovin à la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Conseil général, 60 p.
- BERTILE W., 1987. La Réunion : atlas thématique et régional. Saint-Denis, Réunion, Arts graphiques modernes, 162 p.
- BIGOT A., 1985. Approche de l'étude et de l'amélioration des systèmes fourragers à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Iemvt, 20 p.
- BIGOT A., 1991a. Cinétique de la productivité et de la valeur alimentaire du kikuyu en fonction de la saison dans les Hauts de Montvert. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 10 p.
- BIGOT A., 1991b. Semis sous couverts d'une prairie de dactyle dans les Hauts de l'Ouest. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 7 p.
- BIGOT A., BRUNSCHWIG P., FONTAINE O., 1990. La canne fourragère à la Réunion : comportement et valeur alimentaire. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 26 p.
- BIGOT A., FONTAINE O., 1988. Productions fourragères à la Réunion : orientation des recherches et résultats acquis depuis 1983. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 22 p.
- BIGOT A., FONTAINE O., 1991a. Prairies pour les Hauts de l'Ouest. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 20 p.
- BIGOT A., FONTAINE O., 1991b. Introduction et comportement de légumineuses fourragères à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 15 p.
- BIGRAS-POULIN M., BOUCHARD E., DUTREMBLAY D., 1991. Dsa, manuel d'opération. Québec, Canada, Astlq, 161 p.

- BISSESSUR H., 1988. Silage making and its consumption at Riviere du Poste and Mare Tabac villages, October-November 1987. Réduit, Maurice, Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources, 60 p.
- BLANFORT V., 1998. Agroécologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion : pratiques d'éleveurs et durabilité des ressources herbagères dans un milieu à fortes contraintes. Montpellier, France, Cirad-emvt, 299 p.
- BLANFORT V., BALENT G., THOMAS P., FONTAINE O., 1995. Diagnostic agroécologique des pâturages d'altitude en relation avec les pratiques des éleveurs. *In* : Les méthodes participatives de recherche et de développement dans l'océan Indien. Saint-Pierre, Réunion, Cirad, 10 p.
- BLANFORT V., BALENT G., TOUTAIN B., RICHARD D., 1998. Grazing systems and the control of vegetation dynamics in Réunion Island (Indian Ocean). *In* : Elevage, espace et environnement, p. 517.
- BLANFORT V., THOMAS P., 1996. Gestion raisonnée des prairies en intégration avec l'environnement : bilan de deux années de suivi en exploitation. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-emvt ; Union des Associations foncières pastorales, 16 p.
- BLANFORT V., THOMAS P., 1997. Gestion raisonnée des prairies : bilan et synthèse 1997. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-emvt ; Union des Associations foncières pastorales, 9 p.
- BLANFORT V., THOMAS P., BALENT G., MICHON A., 1997. Sustainability of management practices of mountain pastures in Réunion Island. *In* : XVIIIth international grassland congress, p. 1-3.
- BOLSEN K.K., DICKERSON J.T., BRENT B.E., SONON R.N., DALKE B.S., LIN C., BOYER J.E., 1993. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*, 76 : 2940-2962.
- BOODOO A.A., 1988. Silage production work in Mauritius: 1890's to 1981. Réduit, Maurice, Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources, 58 p.
- BOSSUET L., DURU M., 1994. Choix et maîtrise du système fourrager. 2. Indicateurs pour la gestion du pâturage tournant en élevage laitier. *Fourrages*, 137 : 25-42.
- BOSSUET L., DURU M., FRANCH F., 1992. Automatisation du *sward-stick* pour des mesures de hauteur de couverts végétaux au champ. *Fourrages*, 131 : 301-305.
- BOUCHER A., 1978. Mémoire pour servir à la connaissance particulière de chacun des habitants de l'île de Bourbon : suivi des notes du père Barassin. Sainte-Clotilde, Réunion, ARS terres créoles, collection Mascarin, 120 p.
- BOURNAS L., 1979. L'adhérence du tracteur agricole. Antony, France, Cneema.
- BRUNSWIG P., 1991a. La qualité de conservation des ensilages d'herbe pour bovins à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 7 p.
- BRUNSWIG P., 1991b. Le foin de *Chloris gayana* à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 23 p.
- BRUNSWIG P., 1991c. Le kikuyu. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 5 p.

- BRUNSCHWIG P., 1991d. Valeur nutritive des graminées tempérées dans les Hauts de la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 12 p.
- BRUNSCHWIG P., 1991e. Le maïs ensilage à la Réunion : premiers résultats. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 10 p.
- BRUNSCHWIG P., DELABURTHE B., RIGAUD S., 1991. Pratiques de la complémentation minérale dans les troupeaux de vaches laitières et allaitantes à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad, 15 p.
- BRUNSCHWIG P., FONTAINE F., 1991. La patate douce à la Réunion : utilisation dans l'alimentation hivernale des vaches laitières. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 16 p.
- CABON G., 1987. Accélérer la dessiccation du fourrage : quinze ans d'évolution des matériels et des méthodes. *In* : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation, C. Demarquilly éd., Paris, France, Inra, p. 47-62.
- CADET T., 1980. La végétation de l'île de la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Casal, 304 p.
- CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1989. Les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale. Paris, France, Inra, collection Mieux comprendre, 288 p.
- CALVIERE I., 1994. Effets de la nutrition minérale et de la composition botanique sur la croissance de prairies permanentes au printemps : conséquences pour la prévision et le diagnostic de la biomasse récoltable et de sa qualité. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique, Toulouse, France, 102 p.
- CAMUS E., BARRE N., 1988. La cowdriose (*heartwater*) : revue générale des connaissances. Maisons-Alfort, France, Cirad-iemvt, Etudes et synthèses n° 4, 152 p.
- CAMUS E., MONTENEGRO-JAMES S., 1994. Bovine anaplasmosis and babesiosis in the Lesser Antilles: risk assessment of an unstable epidemiologic situation. *Veterinary Research*, 25 : 313-317.
- CAPILLON A., LEGENDRE J., SIMIER J.P., VEDEL G., 1988. Typologie et suivis technico-économiques d'exploitations : quels apports pour l'amélioration des systèmes fourragers ? *In* : Journées de l'Association française pour la production fourragère, p. 33-55.
- CASAGRANDE J.R., 1991. La modélisation de la récolte des fourrages : cas du foin en grosses balles cylindriques. Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France, 163 p.
- CAUMONT A., 1981. Recherche de cellules motrices adaptées. *In* : Rapport annuel Ceemat 1981. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 3-14.
- CAUMONT A., 1982. Technique de mécanisation en zone montagneuse : mission d'investigation dans les Alpes françaises. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, 34 p.
- CELANIE E., 1982. Etude de l'évolution microbiologique et des caractéristiques fermentaires des ensilages de canne à sucre, de sorgho et de pangola en climat tropical humide. Thèse de doctorat, université Paris VI, Paris, France, 142 p.

- CHANE-KUNE S., 1993. Aux origines de l'identité réunionnaise. Paris, France, L'Harmattan, p. 16-199.
- CHECKOURI I., 1991. Etude de la fertilisation phosphatée dans les andosols de la Réunion. Mémoire, Institut national polytechnique, Toulouse, France.
- CHENOST M., GAILLARD F., 1996. Rapport de mission à l'île de la Réunion du 26 juin au 5 juillet. Saint-Denis, Réunion, Cirad, 23 p.
- CHICOTEAU P., 1991. La reproduction des bovins tropicaux. Recueil de médecine vétérinaire, 167 : 241-247.
- CHILLIARD Y., REMOND B., AGABRIEL J., ROBELIN J., VERITE R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. Bulletin technique du Centre de recherches zootechniques et vétérinaires de Theix, 70 : 117-131.
- CIRAD, 1988. Fertilisation des prairies, plan de fumure des prairies, fumure de correction des prairies. Saint-Denis, Réunion, Cirad, 1 p.
- COMBEAU H., 1996. Résultats du contrôle des performances des bovins allaitants. Paris, France, Institut de l'élevage, 79 p.
- CONSEIL GENERAL DE LA REUNION, 1978. Plan de relance de l'élevage bovin. Saint-Denis, Réunion, Conseil général, rapport n° 52 SG/AE/DP1, 90 p.
- CONSEIL REGIONAL DE LA REUNION, 1976. Programme d'action prioritaire d'initiative régionale. Saint-Denis, Réunion, Conseil régional, 95 p.
- CORROT G., DELACROIX J., 1991. Balles rondes enrubannées : contamination en spores butyriques et qualité de conservation du fourrage (1^{re} partie). Paris, France, Institut de l'élevage, 37 p.
- COSSON J.L., 1998. Ecoplanning : un outil de gestion programmée des quotas laitiers par la reproduction. Bulletin technique des Groupements techniques vétérinaires, 3B, 593 : 5-15
- COURTIN M.G., SPOELSTRA S.F., 1990. A simulation model of the microbiological and chemical changes accompanying the initial stage of aerobic deterioration of silage. Grass and Forage Science, 45 : 153-165.
- CRETON F., 1991. Epidémiologie des bronchopneumonies infectieuses enzootiques des brouillards à l'engraissement : étude en Aveyron. Toulouse, France, Ecole nationale vétérinaire, 119 p.
- DAGET P., POISSONET P., 1969. Analyse phytosociologique des prairies : applications agronomiques. Montpellier, France, Centre national de la recherche scientifique, 27 p.
- DALLEINE E., 1980. Les façons en travail du sol. Antony, France, Cneema, 360 p.
- DANNACHER G., PERRIN M., MOUSSA A., FEDIDA M., 1985. La rhinotrachéite bovine infectieuse. Recueil de médecine vétérinaire, 161 : 1069-1074.
- DANVIN C., 1988. Reproduction et carence en zinc chez les bovins laitiers. Toulouse, France, Ecole nationale vétérinaire, 84 p.
- DE FIGUEIREDO V., DO CEU M., 1989. Factors affecting the quality of *Pennisetum clandestinum* (kikuyu grass) silage. Dissertation Abstracts International, 50 : 818.

- DEJOU J., DE MONTARD F.X., LAMAND M., BELLANGER J., 1985. Effet de l'application de cuivre et de zinc en sol volcanique sur les teneurs du sol et d'un ray-grass anglais en ces deux oligoéléments. *Agronomie*, 5 : 841-850.
- DELACROIX J., CORROT G., 1992. Balles enrubannées : contamination en spores butyriques et qualité de conservation du fourrage (2^e partie). Paris, France, Institut de l'élevage, 37 p.
- DELATRE F., 1996. Analyse des pratiques et stratégies de gestion des stocks fourragers chez les éleveurs de bovins laitiers de la Réunion. Mémoire, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France, 54 p.
- DEMARQUILLY C., 1973. Principes de base de l'ensilage. *Fourrages*, 56 : 15-26.
- DEMARQUILLY C., 1979. Les paramètres physico-chimiques de l'ensilage. *In* : La conservation des ensilages. Paris, France, Institut national agronomique Paris-Grignon, p. 1-17.
- DEMARQUILLY C., 1983. Conservation et utilisation des fourrages : incidences pathologiques. *Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France* : 993-1012.
- DEMARQUILLY C., 1986. L'ensilage et l'évolution récente des conservateurs. *Bulletin technique du Centre de recherches zootechniques et vétérinaires de Theix*, 63 : 5-12.
- DEMARQUILLY C., 1987. La fenaison : évolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte, perte d'eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique. *In* : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation, C. Demarquilly éd., Paris, France, Inra, p. 23-46.
- DEMARQUILLY C., 1993. Qualité de conservation de l'ensilage en balles : quelles perspectives liées à l'emploi de conservateurs au tronçonnement ? Que peut-on escompter des nouvelles techniques qui apparaissent ? *In* : Commission ensilage, journée technique de Varennes-sur-Allier. Paris, France, Comité des plastiques en agriculture, p. 46-50.
- DEMARQUILLY C., ANDRIEU J.P., SAUVANT D., DULPHY J.P., 1980. Composition et valeur nutritive des aliments. *In* : Alimentation des ruminants. Versailles, France, Inra, p. 469-518.
- DEMMENT M.W., PEYRAUD J.L., LACA E.A., 1995. Herbage intake at grazing: a modelling approach. Clermont-Ferrand, France, Inra, p. 121-141
- DE PARSEVAL G., 1983. Programme de mise en valeur agropastorale. *In* : Rapport annuel Ceemat 1983. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 111-123.
- DE PARSEVAL G., 1984. Assainissement des prairies en zones perhumides. *In* : Rapport annuel Ceemat 1984. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 187-209.
- DESVALS L., 1992. Valorisation de fourrages conservés sous forme d'ensilage par des bovins en croissance à la Réunion. Mémoire, Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 70 p.
- DINTINGER J., REYNAUD B., BARBET-MASSIN V., 1997. Sélection et vulgarisation de cultivars de maïs améliorés pour la production d'ensilage à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-ca, 12 p.

- DODILLE N., 1990. Journal d'un colon de l'île Bourbon. Paris, France, L'Harmattan, p. 55-327.
- DOHOO I.R., MARTIN S.W., McMILLAN I., KENNEDY B.W., 1984. Disease, production and culling in Holstein Friesian cows: age, season and side effects. *Preventive Veterinary Medicine*, 2 : 655-670.
- DUBEUF B., FLEURY P., JEANNIN B., 1995. Diversité des fonctionnements fourragers et conséquences pour le conseil. *Fourrages*, 141 : 19-32.
- DUCROT C., 1994. Approche biométrique des facteurs de risque des pathologies d'élevage à partir des enquêtes d'écopathologie : application à l'infécondité des vaches allaitantes. *Epidémiologie et santé animale*, 26 : 65-76.
- DUCROT C., GROHN Y.T., HUMBLLOT P., BUGNARD F., SULPICE P., GILBERT R.O., 1994. Post-partum anestrus in French beef cattle: an epidemiological study. *Theriogenology*, 42 : 753-764.
- DUGMORE T.J., DU TOIT J.H., 1988. The chemical composition and nutritive value of kikuyu pasture. *South African Journal of Animal Science*, 18 : 72-75.
- DUGMORE T.J., DU TOIT P.V., MORNING S.J., 1996. Dietary selection by steers grazing kikuyu. *South African Journal of Animal Science*, 21 : 194-196.
- DUGMORE T.J., VAN RYSSEN J.B.J., STIELAU W.J., 1986. Effect of fibre and nitrogen content on the digestibility of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*). *South African Journal of Animal Science*, 16 : 197-201.
- DULPHY J.P., 1979. Conséquences des variations de la qualité des ensilages sur la valeur nutritive et les performances des animaux. *In* : La conservation des ensilages. Paris, France, Institut national agronomique Paris-Grignon, p. 129-166.
- DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. *In* : Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles, France, Inra, p. 81-104.
- DULPHY J.P., MICHALET-DOREAU B., 1981. Préviation de l'ingestibilité des ensilages d'herbe. *In* : Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles, France, Inra, p. 169-187.
- DUPONT G., 1990. Saint-Denis de la Réunion, ville tropicale en mutation. Paris, France, L'Harmattan, p. 27-683.
- DURU M., 1992a. Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps. 1. Etablissement de références. *Agronomie*, 12 : 219-233.
- DURU M., 1992b. Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps. 2. Validation de références. *Agronomie*, 12 : 345-357.
- DURU M., BELLON S., CHATELIN M.H., FIORELLI J.L., GIBON A., HAVET A., MATHIEU A., OSTY P.L., 1994. Propositions pour l'aide à la gestion des ressources fourragères : une approche système articulant enquête, expérimentation et simulation. *In* : Recherches-systèmes en agriculture et développement rural. Montpellier, France, Cirad-sar, p. 104-109.
- DURU M., CALVIÈRE I., 1993. Pédoclimat, fertilisation et croissance des prairies permanentes au printemps. 3. Vitesse d'accumulation de la matière sèche et préviation de récolte à l'épiaison. *Fourrages*, 136 : 513-528.

- DURU M., COLOMB B., CRANSAC Y., FARDEAU J.C., JULIEN J.L., ROZIERE K., 1993. Pédoclimat, fertilisation et croissance des prairies permanentes au printemps. 1. Variabilité de la nutrition minérale. *Fourrages*, 133 : 23-41.
- DURU M., DUCROCQ H., 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47 : 59-69.
- DURU M., FIORELLI J.L., OSTY P.L., 1988. Proposition pour le choix et la maîtrise du système fourrager. 1. Notion de trésorerie fourragère. *Fourrages*, 113 : 37-56.
- EBERSOHN J.P., EVANS J., LIMPUS J.F., 1983. Grazing time and its diurnal variation in beef steers in coastal South-East Queensland. *Tropical Grasslands*, 17 : 76-81.
- ENNUYER M., 1998. Le kit fécondité : un planning, une méthodologie. *Bulletin technique des Groupements techniques vétérinaires*, 2B, 588 : 5-15.
- ESPINASSE J., RAYNAUD J.P., TIXIER G., ALLAIRE R., 1986. Examen clinique standardisé dans les bronchopneumonies infectieuses enzootiques des bovins et essais de médicaments : méthodologie et interprétations statistiques. *In* : XIVth world congress on diseases of cattle, p. 435-439.
- EDE, 1995. Les effectifs du cheptel bovin réunionnais. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 53 p.
- FARDEAU J.C., 1993. Le phosphore assimilable des sols : sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. *Agronomie*, 13 : 317-331.
- FAVERDIN P., AGABRIEL J., BOCQUIER F., INGRAND S., 1997. Maximiser l'ingestion de fourrages par les ruminants : maîtrise des facteurs liés aux animaux et à leur conduite. *In* : IV^e rencontre de la recherche sur les ruminants, p. 65-74.
- FAYE B., FAYET J.C., GENEST M., CHASSAGNE M., 1986. Enquête écopathologique continue. 10. Variations de fréquences pathologiques en élevage bovin laitier en fonction de la saison, de l'année et du numéro de lactation. *Annales de recherches vétérinaires*, 17 : 233-246.
- FAYE B., PEROCHON L., 1995. La mortalité des vaches laitières dans l'enquête écopathologique Bretagne. *Veterinary Research*, 26 : 124-131.
- FIGEVET M., 1982. Calcul des charges entraînées par l'utilisation du matériel. *In* : La gestion des équipements. Paris, France, Iger, p. 155-163.
- FLEURY P., DUBEUF B., JEANNIN B., 1995. Un concept pour le conseil en exploitation laitière : le fonctionnement fourrager. *Fourrages*, 141 : 3-18.
- FONTAINE F., SENDEL R., 1991. Observations sur l'utilisation de la patate douce par les vaches laitières. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 27 p.
- FONTAINE M., 1998. Analyse des stratégies d'alimentation dans les systèmes d'élevage bovin laitier des Hauts de la Réunion. Mémoire, Centre national d'études agronomiques des régions chaudes, Montpellier, France, 92 p.
- FONTAR X., THOMAS L., 1987. Etude des effets allélopathiques d'une couverture de kikuyu sur géranium, cultures vivrières et certaines plantes adventices. Saint-Denis, Réunion, Cirad, 23 p.

- FRITZ J., 1967. Recherche des carences minérales des sols de la Réunion en vase de végétation. Saint-Denis, Réunion, Irat, 270 p.
- FRITZ J., LOYNET G., 1966. Collections de comportements d'espèces fourragères. *In* : Rapport annuel Irat-Réunion. Saint-Denis, Réunion, Irat, p. 113-120.
- FRITZ J., LOYNET G., 1973. Facteurs agissant sur l'efficacité des engrais azotés en production intensive de fourrage de *Chloris gayana*. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche technique n° 74, 5 p.
- FUJITA H., 1976. Length of storage period of grass silage as a regulating factor in the utilization of silage nitrogen in ruminants. *Japanese Journal of Zootechnical Science*, 47 : 224-232.
- FULCHER C., 1998. Valorisation par des génisses laitières d'un résidu de culture de canne à sucre brut ou traité à l'ammoniac à la Réunion. Mémoire, université Paris XII, Paris, France, 96 p.
- FUMA S., 1979. Esclaves et citoyens, le destin de 62 000 Réunionnais. Saint-Denis, Réunion, Fondation pour la recherche et le développement dans l'océan Indien, Documents et recherches n° 6, p. 9-81.
- GAILLARD F., 1987. L'état de la mécanisation des foin et des pailles, de la parcelle à l'étable. *In* : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation, C. Demarquilly éd., Paris, France, Inra, p. 513-536.
- GAILLARD F., 1994. Principe, construction et utilisation de la balle témoin selon la norme NF T-54191. Paris, France, Afnor ; Cemagref.
- GAILLARD F., BERNER J.L., 1989. Le banderolage des balles d'ensilage : étude de l'étanchéité des films. *Bulletin technique du machinisme et des équipements agricoles*, 36 : 35-43.
- GAUTHIER D., THIMONIER J., 1985. Variations saisonnières de la durée de l'inactivité ovarienne post-partum et de la fertilité des vaches françaises Frisonnes Pie Noires élevées en Guadeloupe. *Annales de zootechnie*, 34 : 347-354.
- GERSCHWITZ R., 1996. Comportement alimentaire d'un troupeau de bovins allaitants à la Réunion : effet du disponible fourrager et du chargement. Mémoire, université Paris XII, Paris, France, 78 p.
- GILBERT J., 1976. Engraissement de taurillons à l'île de la Réunion avec des issues de canne à sucre. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 12 p.
- GILBERT J., 1981. Productions fourragères en plein champ à la Réunion : qualités et quantités. Saint-Denis, Réunion, Chambre d'agriculture, 147 p.
- GILBERT J., 1983. Tables de valeurs alimentaires de certains aliments pour ruminants à la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 14 p.
- GILBERT J., GOGUE J.M., CANNEPIN N., 1980. Résultats de l'engraissement de taurillons à la Réunion. 4. Résultats chez un éleveur de la région nord-est. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 44 p.
- GILBERT J., LAMBERT J.L., MENISSIER F., VISSAC B., 1981. Amélioration de la production de viande bovine à l'île de la Réunion : compte rendu de fin d'études, 1974-1979. Saint-Denis, Réunion, Inra, 35 p.

- GIRARD N., 1995. Modéliser une représentation d'experts dans le champ de la gestion de l'exploitation agricole : stratégies d'alimentation au pâturage des troupeaux ovins allaitants en région méditerranéenne. Thèse de doctorat, université Lyon I, Lyon, France, 234 p.
- GIRARD N., HAVET A., CHATELIN M.H., GIBON A., HUBERT B., RELIER J.P., 1994. Formalisation des relations entre stratégie et pilotage dans les systèmes fourragers : proposition pour la conception d'instruments d'aide à la décision. *In* : Recherches-systèmes en agriculture et développement rural. Montpellier, France, Cirad-sar, p. 223-229.
- GIRARD N., LASSEUR J., 1997. Stratégies d'élevage et maîtrise de la répartition temporelle de la production : exemple des élevages ovins allaitants en montagne méditerranéenne. *Cahiers de l'agriculture*, 6 : 115-124.
- GIVENS D.I., MOSS A.R., ADAMSON A.H., 1993. The digestibility and energy value of badly preserved grass silages. *Animal Feed Science and Technology*, 42 : 97-107.
- GOGUE J.M., GILIBERT J., 1978a. Résultats de l'engraissement de taurillons à la Réunion. 1. Résultats chez un éleveur de la région nord. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 32 p.
- GOGUE J.M., GILIBERT J., 1978b. Résultats de l'engraissement de taurillons à la Réunion. 2. Expérimentation au collège agricole de Saint-Joseph. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 25 p.
- GOGUE J.M., GILIBERT J., 1979. Résultats d'engraissement de taurillons à la Réunion. 3. Résultats dans une grande unité d'engraissement. Saint-Denis, Réunion, Etablissement départemental d'élevage, 57 p.
- GOUET P., 1979. Les bactéries des ensilages. *In* : La conservation des ensilages. Paris, France, Institut national agronomique Paris-Grignon, p. 18-40.
- GRANGER S., 1992. Typologie de fonctionnement de prairies permanentes pâturées : essais d'identification de voies à prospecter pour la gestion des prairies de l'Auxois. Thèse de doctorat, université de Bourgogne, 260 p.
- GRENET N., 1991. Troupeau allaitant, mode d'emploi : raisonner pour mieux conduire. Paris, France, Institut technique de l'élevage bovin, 288 p.
- GROOMS D., WATZ P., 1997. Epidémiologie et pouvoir pathogène du virus BVD dans les affections respiratoires des bovins. Paris, France, Société française de buiatrie, p. 119-127.
- GUEDON I., 1995. Facteurs de risque des métrites des vaches laitières. Grenoble, France, Université Joseph Fourier, 71 p.
- GUINOCHET M., 1973. Phytosociologie. Paris, France, Masson, Collection d'écologie, 227 p.
- HAIGH P.M., 1990. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass and Forage Science*, 45 : 263-271.
- HARRISON J.H., BLAUWIEKEL R., STOKES M.R., 1994. Utilization of grass silage: fermentation and utilization of grass silage. *Journal of Dairy Science*, 77 : 3209-3235.

HASSOUN P., 1987. Amélioration de la valeur nutritive de la bagasse de canne à sucre par un traitement à l'ammoniac (généré par hydrolyse de l'urée) et son utilisation par les ruminants : rôle des micro-organismes sur l'uréolyse. Thèse de doctorat, université Montpellier II, Montpellier, France, 225 p.

HASSOUN P., 1996. Comportement alimentaire des bovins au pâturage : mise au point méthodologique en exploitation. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 19 p.

HASSOUN P., 1997. Utilisation par des génisses laitières des pailles de canne à sucre brutes ou traitées à l'ammoniac. *In* : IV^e congrès international de l'Association réunionnaise pour la technologie agricole et sucrière, 9 p.

HASSOUN P., LATCHIMY J.Y., 1995. L'ensilage de maïs : caractéristiques fermentaires et utilisation par les vaches laitières à la Réunion (premières observations). Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 28 p.

HASSOUN P., LATCHIMY J.Y., 1996. Comparaison des quantités ingérées par des taurillons de fourrages broyés ou hachés. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage.

HASSOUN P., LATCHIMY J.Y., 1997. Effet de la température sur l'ingestion des vaches laitières dans les Bas. *In* : Rapport annuel d'exécution des conventions 1996. Saint-Denis, Réunion, Cirad.

HASSOUN P., LATCHIMY J.Y., 1998a. Qualité et conservation des ensilages d'herbe conditionnés en tas et utilisation en élevage laitier à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage.

HASSOUN P., LATCHIMY J.Y., 1998b. Caractérisation des régimes alimentaires d'un point de vue qualitatif et quantitatif : variabilité sur l'année. *In* : Rapport annuel d'exécution des conventions 1997. Saint-Denis, Réunion, Cirad.

HASSOUN P., QUINQUIS J.Y., FONTAINE F., FONTAINE D., ETHEVE D., LATCHIMY J.Y., 1997. Introduction d'une nouvelle formule de concentrés dans la ration des vaches laitières. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 13 p.

HAUWUY A., PARADIS J., COULON J.B., 1992. Complémentation énergétique de rations à base de foin pour les vaches laitières. *Productions animales*, 5 : 339-349.

HERON S.J.E., WILKINSON J.F., DUFFUS C.M., 1993. Enterobacteria associated with grass and silages. *Journal of Applied Bacteriology*, 75 : 13-17.

HERVE J., 1991. Systèmes d'exploitation et productivité dans les élevages bovins allaitants de la Sicarevia, île de la Réunion. Cergy-Pontoise, France, Institut supérieur technique d'outre-mer, 106 p.

HOARAU M., 1974. Le programme de relance de la production de viande bovine à la Réunion. *In* : XXII^e conférence annuelle du Comité de collaboration agricole Maurice, Réunion, Madagascar, 5 p.

HUBERT B., GIRARD N., LASSEUR J., BELLON S., 1993. Les systèmes d'élevage ovin préalpins : derrière les pratiques, des conceptions modélisables. *Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement*, 27 : 351-385.

HUCHE L., HUBERT F., SALETTE J., 1992. Diagnostic par l'analyse minérale du végétal : application à des prairies permanentes en Pays de Loire. *In* : L'extensification en production fourragère. Paris, France, Afpf, p. 168-169.

- HUMBLLOT P., 1985. La mortalité embryonnaire chez les bovins. *In* : Recherches récentes sur l'épidémiologie de l'infertilité. Paris, France, Masson, p. 213-242.
- HUMBLLOT P., 1991. Signaux embryonnaires et contrôle de la gestation des ruminants. *Recueil de médecine vétérinaire*, 167 : 193-202.
- HUMBLLOT P., CAMOUS S., MARTAL J., CHARLERY J., JEANGUYOT N., THIBIER M., SASSER R.G., 1998. Pregnancy-specific protein B, progesterone concentrations and embryonic mortality during early pregnancy in dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 83 : 215-223.
- INABA Y., MATUMOTO M., 1990. Akabane virus. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 43 : 467-479.
- INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, France, Inra, 476 p.
- INRA, 1994. Rapport d'activité scientifique 1990-1993. Toulouse, France, Inra-sad, 100 p.
- INSEE, 1989. Tableau économique de la Réunion : édition 1989. Saint-Denis, Réunion, Insee, p. 155.
- INSEE, 1997. Tableau économique de la Réunion : édition 1997-1998. Saint-Denis, Réunion, Insee, p. 49-171.
- ISSELSTEIN, 1993. Ensilability and silage quality of *Lolium multiflorum* (Lam.) as influenced by slight shading and N-fertilization. *Agrobiological Research*, 46 : 40-45.
- JARRIGE R., MANSAT P., SALETTE J., VIVIER M., 1986. Production fourragère et élevage bovin à la Réunion. Montpellier, France, Cirad-emvt, 80 p.
- JAUZE J.M., 1998. Les centralités emboîtées de l'espace réunionnais. *Mappemonde*, 3 : 27-30.
- JOHN A., ULYATT M.J., 1987. Importance of dry matter content to voluntary intake of fresh grass forage. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 47 : 13-16.
- JOHNSON W.L., GUERRERO J., PEZO D., 1973. Cell-wall constituents and in vitro digestibility of napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Journal of Animal Science*, 37 : 1255-1261.
- JONES L., 1979. The effect of stage of growth on the rate of drying of cut grass at 20 °C. *Grass and Forage Science*, 34 : 139-144.
- JONES L., HARRIS C.E., 1980. Plant and swath limits to drying. *The Grassland Research Institute, Berkshire*, p. 53-60.
- JONSSON A., LINDBERG H., SUNDAS S., LINGVALL P., LINDGREN S., 1990. Effect of additives on the quality of big-bale silage. *Animal Feed Science and Technology*, 31 : 139-155.
- JUSTE C., 1990. Eléments pour l'établissement d'un bilan des oligoéléments du sol. *Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France*, 133 : 23-41.
- KABANDANA F., GRIMARD B., HUMBLLOT P., THIBIER M., 1995. Effet d'une supplémentation alimentaire sur l'efficacité des traitements d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez la vache allaitante. *Elevage et insémination*, 258 : 1-14.

- KADOHIRA M., McDERMOTT J.J., SHOUKRI M.M., THORBURN M.A., 1996. Assessing infections at multiple levels of aggregation. *Preventive Veterinary Medicine*, 29 : 161-177.
- KENNEDY S.J., 1990. An evaluation of three bacterial inoculants and formic acid as additives for first harvest grass. *Grass and Forage Science*, 45 : 281-288.
- KEROUANTON J., 1993. Etat d'engraissement des vaches laitières : des courbes objectifs réajustés. *A la Pointe de l'élevage bovin*, 1993 : 11-14
- KIM K.H., UCHIDA S., 1991. Comparative studies of ensiling characteristics between temperate and tropical species. *Journal of Japan Grassland Science*, 36 : 426-433.
- KOPP A., 1930. L'agriculture réunionnaise. Saint-Denis, Réunion, ADR 7MI.
- KOSTER H.H., MEISSNER H.H., COERTZE R.J., RETHMAN N.F.G., 1992. Variation in the production and quality of bana-grass over the growing season using hand-clipped samples. *South African Journal of Animal Science*, 22 : 31-34.
- LAKSEVELA B., SAID A.N., 1978. Tropical versus temperate grasses. *World Review of Animal Production*, 14 : 49-57.
- LAMBERT C., 1993. Films étirables pour l'enrubannage des balles rondes. *In* : Commission ensilage, journée technique de Varennes-sur-Allier. Paris, France, Comité des plastiques en agriculture, p. 5-9.
- LAMBERT J.L., 1978. Note à l'attention de monsieur Michel Hoarau concernant l'organisation du marché de la viande à la Réunion en 1977. Réunion, Sicaprovide, 3 p.
- LANDAIS E., COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., 1989. Caractérisation de la pathologie de la vache laitière à l'échelle de la lactation : principaux facteurs de variation et typologie des profils pathologiques de lactation. *Annales de recherches vétérinaires*, 20 : 277-294.
- LANOT F., 1994. Bilan zootechnique, ferme de la Sedaël. Montpellier, France, Cirad, 50 p.
- LANOT F., 1996. Poseidom vétérinaire d'éradication des babésioses et de l'anaplasmose à la Réunion : bilan sérologique initial et résultats. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-empt ; Inra, 22 p.
- LANOT F., BIGOT C.E., 1996. Fécondité des vaches laitières sur l'île de la Réunion : bilan des six années de suivi de reproduction. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-empt, 76 p.
- LANOT F., NABENEZA S., 1995. Programme de santé animale : état d'avancement des travaux et résultats au 1^{er} avril 1995. Saint-Denis, Réunion, Cirad-empt, 14 p.
- LANOT F., NABENEZA S., LALLEMENT P., LEBON A., DESMULIER X., 1995. Etude sérologique des troubles respiratoires des jeunes bovins à l'entrée en ateliers d'engraissement. Saint-Denis, Réunion, Cirad-empt ; Aribev ; Sicarevia, 9 p.
- LAPORTE B., 1992. Réseau EBD de la Réunion, juin 1991-juin 1992 : mise en place du suivi. Saint-Denis, Réunion, Chambre d'agriculture, 32 p.
- LAUENT Y., 1997. Garbo : gestion assistée de la reproduction bovine. *Animal Production Consulting*, 56 p.
- LAVEZZO W., LAVEZZO-OTAVIA E.N.M., ROSSI C., BONASSI I.A., 1989. Effects of wilting and formic acid on the chemical composition and nutritive value of elephant grass silage

Pennisetum purpureum Schum purple cultivar. In : XVIth international grassland congress, p. 965-966.

LEGENDRE E., 1997. Le comportement alimentaire des bovins allaitants : effets de l'évolution du pâturage. Mémoire, Ecole supérieure d'agriculture, Angers, France, 73 p.

LEIBENSPERGER R.Y., PITT R.E., 1987. A model of clostridial dominance in ensilage. Journal of Food and Forage Science, 42 : 297-317.

LEPETIT J., PAILLAT J.M., 1989. Mécanisation des exploitations d'élevage : motorisation adaptée aux fortes pentes. In : Rapport annuel Ceemat 1989. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 63-79.

LEPETIT J., PAILLAT J.M., 1992. Bilan de la campagne 1991 des ensilages en balles enrubbannées : analyse de la technique et des coûts. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 14 p.

LES ECHOS, 1997. L'économie des DOM se diversifie très lentement. Les Echos, 3 novembre 1997 : 74-75.

LINDGREN S., BROMANDER A., PETTERSSON K., 1988. Evaluation of silage additives using scale-model silos. Swedish Journal of Agricultural Research, 18 : 41-49.

LITERAK I., KROUPA L., 1998. Herd-level *Coxiella burnetti* seroprevalence was not associated with herd-level breeding performances in Czech dairy herds. Preventive Veterinary Medicine, 33 : 261-265.

MAHEU F., MICHELLON R., 1985a. Comportement sous les animaux de diverses espèces de graminées et légumineuses fourragères dans les Hauts au vent (bassin La Paix). Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 2, 5 p.

MAHEU F., MICHELLON R., 1985b. Comparaison d'espèces et variétés de graminées et légumineuses fourragères tropicales sur la zone littorale au vent (Bras-Panon). Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 3, 5 p.

MAHONEY D.F., 1977. Babesia of domestic animals. New York, Etats-Unis, Academic Press, 52 p.

MANDRET G., 1992. Etude de la variation phénotypique dans le groupe *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. et incidence sur le plan systématique. Thèse de doctorat, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France, 204 p.

MANDRET G., 1994a. Carences minérales sur prairies à la Réunion. In : Rapport annuel 1993. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 3-7.

MANDRET G., 1994b. La luzerne à la Réunion. In : Rapport annuel 1993. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 17-19.

MANDRET G., 1998. Carences minérales des prairies sur andosol à la Réunion. Fourrages, 146 : 141-148.

MANDRET G., 1999. Elevage et insularité dans l'océan Indien : notion de capacité de charge. In : Capacité de charge des milieux insulaires. Insula, n° spécial : 13-18.

MANDRET G., BARBET-MASSIN V., FONTAINE F., MARCHAND J.L., 1992b. La production de maïs pour l'ensilage dans les Hauts de la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, Synthèses et études spécifiques, 14 p.

- MANDRET G., BLANFORT V., FONTAINE O., LATCHIMY J.Y., RIVIERE E., 1992a. Productions fourragères. *In* : Rapport d'activités 1992. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 8-9.
- MANDRET G., BIGOT C.E., 1992. La production de maïs pour l'ensilage dans les Hauts de la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 14 p.
- MANDRET G., FONTAINE O., LATCHIMY J.Y., 1995a. Comportement de la patate douce à la plaine des Palmistes, altitude 1 050 m. *In* : Rapport annuel 1995. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 6-8.
- MANDRET G., FONTAINE O., RIVIERE E., 1996. Cinétique de croissance foliaire et stolonifère des graminées tempérées et tropicales en fonction de la saison et de la fumure. *In* : Rapport annuel 1996. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage.
- MANDRET G., LATCHIMY J.Y., 1994. Triticale, date de semis et densité. *In* : Rapport annuel 1993. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 27-32.
- MANDRET G., LATCHIMY J.Y., BLANFORT V., FONTAINE O., PAILLAT J.M., LANOT F., PELOT J., BIGOT C.E., 1994. Rapport annuel 1993. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 56 p.
- MANDRET G., LATCHIMY J.Y., FONTAINE O., 1995b. Essai de différents types de chaux. *In* : Rapport annuel 1995. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, p. 45-47.
- MANDRET G., OURRY A., CHABALIER P.F., SALETTE J., 1993. Nitrogen use efficiency by *Chloris gayana* during the cold season on the island of la Réunion. *In* : XVIIth international grassland congress, p. 1555-1556.
- MANDRET G., PELOT J., BLANFORT V., PAILLAT J.M., 1992. Rapport d'activités 1992 du Cirad-Elevage. Saint-Denis, Réunion, Cirad-Elevage, 30 p.
- MANDRET G., TASSIN J., 1996. Intérêt fourrager de *Calliandra calothyrsus* en altitude à la Réunion. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 49 : 335-339.
- MARAIS J.P., 1990. Relationship between nitrogen and other chemical components in kikuyu grass from long-established pastures. *South African Journal of Animal Science*, 20 : 147-151.
- MARAIS J.P., BARNABAS A.D., FIGENSCHOU D.L., 1997. Effect of calcium nutrition on the formation of calcium oxalate in kikuyu grass. *In* : XVIIth international grassland congress, p. 45-46.
- MARAIS J.P., FIGENSCHOU D.L., WOODLEY G.A.J., 1990. Energy deficiency in kikuyu grass containing high levels of nitrogen. *South African Journal of Animal Science*, 20 : 16-20.
- MARTIN V., 1992. Intérêt d'une protéine sérique de gestation, la PSG60, dans le suivi de reproduction de troupeaux bovins de la Réunion : étude de données récoltées sur le terrain. Mémoire, Cirad-emvt, Maisons-Alfort, France, 51 p.
- MARTINEZ D., AUMONT G., MOUTOUSSAMY M., GABRIEL D., TATAREAU A.H., BARRE N., VALLEE F., MARI B., 1993a. Epidemiological studies on dermatophilosis in the Caribbean. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 46 : 323-327.
- MARTINEZ D., COISNE S., SHEIKBOUDOU C., JONGEJAN F., 1993b. Detection of antibodies to *Cowdria ruminantium* in the serum of domestic ruminants by indirect Elisa. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 46 : 115-120.

- MARTINEZ J., THIBIER M., 1984. Reproductive disorders in dairy cattle: respective influence of herds, seasons, milk yield and parity. *Theriogenology*, 21 : 569-581.
- MAURIN H., LENTGE J., 1981. Le mémorial de la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Australe édition, 75 p.
- MCDONALD P., HENDERSON A.R., 1962. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. *Journal of Science and Food Agricultural*, 13 : 395-400.
- MCDONALD P., HENDERSON A.R., HERON S.J.E., 1991. The biochemistry of silage (2nd ed.). Marlow, Royaume-Uni, Chalcombe Publications, 340 p.
- MERICQ C., 1980. Bilan de la situation fourragère dans les Hauts de l'île de la Réunion. Tampon, Réunion, Union des Associations foncières pastorales, 94 p.
- MEYLING A., HOUE H., JENSEN A., 1990. Epidemiology of bovine virus diarrhoea virus. *Revue scientifique et technique de l'Office des épizooties*, 9 : 75-93.
- MIALON M.M., CAMOUS S., RENAND G., MARTAL J., MENISSIER F., 1993. Peripheral concentrations of a 60-KDa pregnancy serum protein during gestation and after calving and in relationship to embryonic mortality in cattle. *Reproduction, nutrition, développement*, 33 : 269-282.
- MIALOT J.P., LEROY I., 1993. Bilan et suivi d'élevage global chez les bovins : quelle évolution ? *Le Point vétérinaire*, 25 : 161-167.
- MICHELLON R., 1982. Comparaison d'espèces et de variétés de légumineuses fourragères dans les Hauts sous le vent. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 37, 6 p.
- MICHELLON R., PICHOT J., RASSABY A., 1982. Comportement et réponse du kikuyu à l'azote et au chaulage dans les Hauts sous le vent. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 54, 8 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1984a. Comportement de divers bromes dans les Hauts sous le vent. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 6, 4 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1984b. Implantation et comportement de crucifères fourragères dans les Hauts sous le vent. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 7, 4 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1984c. Comportement de divers ray-grass dans les Hauts de l'Ouest. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 13, 5 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1985a. Comportement de diverses fétuques élevées dans les Hauts de l'Ouest. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 7, 4 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1985b. Comportement de diverses graminées fourragères dans les Hauts de l'Ouest. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 23, 6 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1985c. Comportement de l'avoine en culture pure ou en association dans les Hauts sous le vent. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 24, 5 p.
- MICHELLON R., RASSABY A., 1985d. Comportement de variétés de *Phalaris aquatica* dans les Hauts de l'Ouest. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche n° 9, 3 p.
- MICHELLON R., TECHER P., 1996. Le kikuyu, plante fourragère et de couverture. Saint-Denis, Réunion, Cirad-ca, 20 p.

- MILES J.W., MAASS B.L., DO VALLE C.B., 1996. *Brachiaria* : biology, agronomy, and improvement. Cali, Colombie, Ciat ; Campo Grande, Brésil, Embrapa, 288 p.
- MILES N., DE VILLIERS J.F., DUGMORE T.J., 1995. Macromineral composition of kikuyu herbage relative to the requirements of ruminants. *Journal of the South African Veterinary Association*, 66 : 206-212.
- ODHIAMBO J.F., 1974. The nutritive value of various growth stages of *Pennisetum purpureum*. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 39 : 325- 329.
- OHSHIMA M., McDONALD P., 1978. A review of changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *Journal of Science and Food Agricultural*, 29 : 497-505.
- OLNEY G.R., ALBERTSEN T.O., 1997. Effect of supplementary concentrate feeding on milk production from cows grazing irrigated kikuyu pasture. *Animal Production in Australia*, 15 : 509-512.
- PACCARD P., GRIMARD B., 1988. La maîtrise de la reproduction des vaches allaitantes. *Recueil de médecine vétérinaire*, 164 : 531-538.
- PAILLAT J.M., 1983. Mise au point de cellules motrices adaptées aux pentes. *In* : Rapport annuel Ceemat 1983. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 65-104.
- PAILLAT J.M., 1984. Etude de cellules motrices adaptées aux pentes. *In* : Rapport annuel Ceemat 1984. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 93-111.
- PAILLAT J.M., 1986a. Implantation des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1986. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 108-123.
- PAILLAT J.M., 1986b. Assainissement des prairies en zones perhumides. *In* : Rapport annuel Ceemat 1986. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 104-106.
- PAILLAT J.M., 1986c. Régénération des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1986. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 125-126.
- PAILLAT J.M., 1986d. Cellules motrices adaptées aux pentes. *In* : Rapport annuel Ceemat 1986. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 128-149.
- PAILLAT J.M., 1987a. Semis, plantation des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1987. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 53-58.
- PAILLAT J.M., 1987b. Assainissement des prairies en zones perhumides. *In* : Rapport annuel Ceemat 1987. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 45-50.
- PAILLAT J.M., 1987c. Cellules motrices adaptées aux pentes. *In* : Rapport annuel Ceemat 1987. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 59-63.
- PAILLAT J.M., 1988a. Installation des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1988. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 49-51.
- PAILLAT J.M., 1988b. Récolte et conservation des cultures fourragères : ensilages d'herbe. *In* : Rapport annuel Ceemat 1988. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 53-68.
- PAILLAT J.M., 1989. Régénération et entretien des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1989. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 51-57.

- PAILLAT J.M., 1995. Etude de l'ensilage en balles enrubannées sous climat tropical d'altitude : cas des fourrages tempérés et tropicaux récoltés à l'île de la Réunion. Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France, 197 p.
- PAILLAT J.M., 1996. Gestion des équipements dans les exploitations d'élevage. *In* : Rapport annuel Cirad 1996. Saint-Denis, Réunion, Cirad.
- PAILLAT J.M., DEMARQUILLY C., BLANFORD V., 1997a. Additives as preservatives for wrapped round bales silage under tropical climate. *In* : XVIIIth international grassland congress, 5 p.
- PAILLAT J.M., DHUIN J.C., LEPETIT J., MANDRET G., 1993. Preservation of silage made in wrapped round bales in Réunion Island. *In* : XVIIth international grassland congress, p. 585-586.
- PAILLAT J.M., DHUIN J.C., PIROT R., 1994. Cost analysis of silage in wrapped round bales in the Réunion highlands. *In* : International conference on agricultural engineering, p. 649-650.
- PAILLAT J.M., FRABOULET P., LORRE M., 1997b. Récolte des pailles de canne à sucre : desiccation, conditionnement et traitement à l'ammoniac généré par l'hydrolyse de l'urée. *In* : IV^e congrès international de l'Association réunionnaise pour la technologie agricole et sucrière, 16 p.
- PAILLAT J.M., GAILLARD F., CAUMONT A., 1996. Air-tightness of wrapped bales and resistance of stretch film under tropical conditions. *In* : International conference on agricultural engineering, p. 948-949.
- PASSELEGUE P., PRUNAUX O., GUIGNARD A., 1991. La rhinotrachéite infectieuse des bovins : enquête sérologique à l'île de la Réunion. *Revue de médecine vétérinaire*, 7 : 575-577.
- PERRET S., 1993. Propriétés physiques, hydriques et mécaniques de sols andiques de la Réunion : facteurs naturels et anthropiques d'évolution des horizons cultureux, implications agronomiques et écologiques. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier, France, 278 p.
- PERRET S., MICHELLON R., TASSIN J., 1995. Soil loss control and soil properties improvement based on cropping systems with cover plants and hedgerows in Réunion Island. *In* : III^e congrès ESA, Abano-Padoue, Italie, p. 736-737.
- PERRET S., PAILLAT J.M., 1987. Travail du sol pour l'implantation des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1987. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 142-147.
- PERRET S., PAILLAT J.M., 1988. Travail du sol pour l'implantation des prairies. *In* : Rapport annuel Ceemat 1988. Saint-Denis, Réunion, Ceemat, p. 111-124.
- PHILIPOT J.M., 1993. Vêlage et infécondité des vaches laitières. Villeurbanne, France, Centre d'écopathologie, 135 p.
- PICHOT J., PHILOTE A., 1982. Collection de fourrages dans les Hauts de Menciol. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche d'essai n° 22, 6 p.
- PICHOT J., PHILOTE A., BILLAUD J.C., 1982. Réponse du kikuyu à l'azote et au chaulage. Saint-Denis, Réunion, Irat, fiche d'essai n° 23, 5 p.

- PITT R.E., 1990. A model of cellulase and amylase additives in silage. *Journal of Dairy Science*, 73 : 1788-1799.
- POCHIER J., 1986. Les prairies à la Réunion : techniques et coûts d'implantation. Mémoire, Institut supérieur technique d'outre-mer, Le Havre, France, 113 p.
- POULIN E., 1987. L'anaplasmose : résultats d'une enquête sérologique à l'île de la Réunion. Ecole nationale vétérinaire, Toulouse, France, 170 p.
- PRUNAUX O., HOSSEIN-ZADEY G., GUIGNARD A., 1991. La leucose bovine enzootique à la réunion : résultats d'une enquête sérologique. *Revue de médecine vétérinaire*, 142 : 489-491.
- RAUNET M., 1990. Les grandes catégories de sols de l'île de la Réunion : notice de la carte morphopédologique à l'échelle du 1/50 000. Saint-Denis, Réunion, Cirad, 17 p.
- RAUNET M., 1991. Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion : conséquences pour la mise en valeur agricole. Saint-Denis, Réunion, Cirad, 438 p.
- REDDY M.S., PRASAD D.A., KRISHNA N., 1992. Effect of nitrogen fortification on protein degradability of silages based on sugarcane tops in fistulated steers. *Indian Journal of Animal Science*, 62 : 81-82.
- RIEUL L., 1981. Lettre n° 156-81/CRR du 3 juin 1981 au président de l'Union des Associations foncières pastorales sur l'élevage bovin et les productions fourragères. Tampon, Réunion, Union des Associations foncières pastorales, 2 p.
- RIVALS P., 1952. Etudes sur la végétation naturelle de l'île de la Réunion. Thèse, université de Toulouse, Toulouse, France, 214 p.
- ROYER V., 1985. Contribution à l'étude des systèmes fourragers dans les Hauts de la Réunion. Mémoire, Ecole nationale supérieure des sciences agronomiques appliquées, Dijon, France, 73 p.
- ROYER V., ROUX M., MICHON A., VISSAC P., 1986. Essai de caractérisation des problèmes fourragers posés pour le développement de l'élevage bovin dans les Hauts de la Réunion. Saint-Denis, Réunion, Direction départementale de l'agriculture, 36 p.
- SALETTE J., HUCHE L., 1989. The diagnosis of grassland mineral nutrient status through herbage analysis. *In* : XVth international grassland congress, p. 65-66.
- SALETTE J., HUCHE L., 1991. Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par analyse du végétal : principes, mise en œuvre, exemples. *Fourrages*, 125 : 3-18.
- SALETTE J., LEMAIRE G., 1981. Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 292 : 875-878.
- SALON S., 1992. Typologie des élevages bovins, île de la Réunion, 1991-1992. Saint-Pierre, Réunion, Cirad-Elevage, 16 p.
- SAS INSTITUTE, 1989. *Sas-Stat user's guide*. Cary, Etats-Unis, Sas Institute, 1 686 p.
- SEEGERS H., 1991. L'impact économique de l'infécondité en élevage bovin laitier : discussion. *Elevage et insémination*, 241 : 19-28.

- SEEGERS H., BILLON D., 1987. Igor, programme de gestion technique de la reproduction des troupeaux laitiers : guide de l'opérateur. Nantes, France, Ecole nationale vétérinaire, 40 p.
- SEEGERS H., MALHER X., 1996. Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. *Le Point vétérinaire*, 28 : 127-136.
- SICALAIT, 1997. Rapport d'activité et rapport moral du Conseil d'administration de la Sicalait : exercice 1996. Bourg Murat, Réunion, Sicalait, 17 p.
- SIMON J.C., LE CORRE L., COPPENET M., 1983. Essai comparatif de dix graminées fourragères dont six cultivars de brome dans le Finistère. *Fourrages*, 93 : 85-108.
- SPOELSTRA S.F., STEG A., BEUVINK J.M.W., 1990. Application of cell wall degrading enzymes to grass silage. *In* : *Agricultural biotechnology in focus in the Netherlands*, J.J. Dekkers *et al.* éd., Wageningen, Pays-Bas, Pudoc, p. 165-172.
- SQUARZONI R., 1986. L'économie à la Réunion n° 23. Saint-Denis, Réunion, 60 p.
- STEFFAN J., 1987. Résultats d'une enquête épidémiologique : influence de facteurs affectant la fertilité et la fécondité des vaches laitières. *Bulletin technique de l'insémination artificielle*, 43 : 12-19.
- STEFFAN J., HUMBLLOT P., 1985. Relations entre pathologies du post-partum, âge, état corporel, niveau de production laitière et paramètres de reproduction. *In* : *Mieux connaître, comprendre et maîtriser la fécondité bovine*. Maisons-Alfort, France, Société française de buiatrie, p. 67-90.
- STOTT E.J., THOMAS L.H., COLLINS A.P., CROUCH S., JEBBETT J., SMITH G.S., LUTHER P.D., CASWELL R., 1980. A survey of virus infections of the respiratory tract of cattle and their association with disease. *Journal of Hygiene*, 85 : 257-270.
- STUDER E., 1998. A veterinary perspective of on-farm evaluation of nutrition and reproduction. *Journal of Dairy Science*, 81 : 872-876.
- TARRY D.W., BERNAL L., EDWARDS S., 1991. Transmission of Bovine Virus Diarrhea Virus by blood feeding flies. *Veterinary Records*, 128 : 82-84.
- TARTERA P., 1998. Les suivis de troupeau à la recherche d'un deuxième souffle. *La Semaine vétérinaire*, 923 : 4-6.
- THIBIER M., GOFFAUX M., 1985. Fécondité et fertilité dans l'espèce bovine : démarche épidémiologique. *In* : *Recherches récentes sur l'épidémiologie de l'infertilité*. Paris, France, Masson, p. 101-121.
- THOMAS C., THOMAS P.C., 1988. Factors affecting the nutritive value of grass silages. *In* : *Recent development in ruminant nutrition*, W. Haresign *et* D.J.A. Cole éd., Londres, Royaume-Uni, Butterworths, p. 274-307.
- THOMAS P., 1994. Elaboration d'un référentiel floristique pour la caractérisation agro-écologique des pâturages d'altitude de l'île de la Réunion. *Mémoire, université Paris XII*, Paris, France, 101 p.
- TILEY G.E.D., 1989. Factors affecting the productivity of elephant grass. *In* : *XVIth international grassland congress*, p. 599-600.

- TILLARD E., MESSAD S., 1998. Bilan du programme Poseidom d'éradication des babésioses et de l'anaplasmosse à la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cirad, 41 p.
- TJANDRAATMADJA M., NORTON B.W., MAC RAE I.C., 1994. Ensilage characteristics of three tropical grasses as influenced by stage of growth and addition of molasses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10 : 74-81.
- TOMA B., ELOIT M., PARODI A.L., 1984. Epidémiologie, diagnostic et prophylaxie de la leucose bovine enzootique. *Le Point vétérinaire*, 16 : 13-28.
- TROCCON J.L., 1996. Elevage des génisses laitières et performances ultérieures. *In* : III^e rencontre de la recherche sur les ruminants, p. 201-210.
- TROCCON J.L., PETIT M., 1989. Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures. *Production animale*, 2 : 55-64.
- TRUONG B., 1989. Evaluation de l'efficacité agronomique de phosphates naturels provenant d'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 160 p.
- TRUONG B., BERTRAND R., BURDIN S., PICHOT J., 1974. Contribution à l'étude du phosphore dans les sols dérivés de roches volcaniques de l'île de la Réunion : actions du carbonate et du silicate de calcium. *L'Agronomie tropicale*, 29 : 663-674.
- UMANA R., STAPLES C.R., BATES D.B., WILCOX C.J., MAHANNA W.C., 1991. Effects of a microbial inoculant and (or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. *Journal of Animal Science*, 69 : 4588-4601.
- UNDERWOOD C.B.E., 1981. The mineral nutrition of livestock. Farnham, Royaume-Uni, Commonwealth Agricultural Bureaux, 500 p.
- UNION DES AFP, 1997. Rapport d'activités. Tampon, Réunion, Union des Associations foncières pastorales, 30 p.
- VALLET A., BERNY F., LAVEST E., LAGRIVE L., 1997. Facteurs d'élevage associés à l'infécondité des troupeaux laitiers dans les Ardennes. *Bulletin technique des Groupements techniques vétérinaires*, 1B, 537 : 23-36.
- VALLET A., MANIERE J., 1988. L'infécondité en élevage bovin allaitant. *Recueil de médecine vétérinaire*, 164 : 575-585.
- VALLET A., PACCARD P., DUMONTHIER P., 1995. Méthode d'analyse des causes d'infécondité d'un troupeau laitier : méthode top fécondité. Paris, France, Institut de l'élevage, 48 p.
- VAN DER GRINTEN P., BAAYEN M.T., VILLALOBOS L., DWINGER R.H., MANNETJE L.T., 1992. Utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) pastures and dairy production in a high altitude region of Costa Rica. *Tropical Grasslands*, 26 : 255-262.
- VAN DYNE G.M., 1980. Reflexions and projections. *In* : Grasslands, systems analysis and man. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press, p. 881-921.
- VAN HUFFEL B., 1997. Aspects pratiques et raisonnés de la maîtrise de la pathologie respiratoire dans un atelier d'engraissement industriel de taurillons. Paris, France, Société française de buiatrie, p. 63-75.

VERITE R., JOURNET M., 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshydratation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Annales de zootechnie*, 19 : 255-268.

WANQUET C., 1981. Histoire d'une révolution : la Réunion, 1789-1803. Marseille, France, Jeanne Laffite, p. 14-296.

WILMAN D., OWEN I.G., 1982. Effects of stage of maturity, nitrogen application and swath thickness on the field drying of herbage. *Journal of Agricultural Science*, 99 : 577-586.

WOLTER R., 1992. Erreurs alimentaires et infertilité de la vache laitière. *Production laitière moderne*, 219 : 92-95.

XANDE A., 1978. L'ensilage d'herbe, une technique de conservation de l'herbe permettant de pallier le déficit alimentaire des ruminants durant la période de carême. 1. Aspects théorique et pratique, particularité des fourrages tropicaux. *Nouvelles agronomiques Antilles-Guyane*, 4 : 63-80.

Adresses des auteurs

- Augé Jean-Guy, Sicarevia, ZI n° 3, 5, avenue Charles Isautier, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Barbet-Massin Vladimir, Union des Afp, 24^e km, 97418 Plaines des Cafres, Réunion
- Bigot Alain, Cirad-emvt, Campus international de Baillarguet, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France
- Bigot Charles-Emile, Sicalait, 27^e km Bourg Murat, 97418 Plaine des Cafres, Réunion
- Blanfort Vincent, Cirad-emvt, Centre de recherche Nord, BP 6, 98825 Pouembout, Nouvelle-Calédonie
- Brunschwig Philippe, Institut de l'élevage, 49000 Angers, France
- Caminade Jean-Louis, Sedael, ZI n° 3, 5, avenue Charles Isautier, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Devimeux Thierry, Commissariat à l'aménagement des Hauts, 10, rue de Nice, 97400 Saint-Denis, Réunion
- Evenat Yves, Sicalait, 27^e km Bourg Murat, 97418 Plaine des Cafres, Réunion
- Fontaine Olivia, Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7, chemin de l'Irat, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Hassoun Philippe, Inra, Cirad-Elevage, Ligne-Paradis, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Lanot Frédéric, Cirad-Elevage, Ligne-Paradis, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Latchimy Jean-Yves, Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7, chemin de l'Irat, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Lepetit Jacques, Sicalait, 27^e km Bourg Murat, 97418 Plaine des Cafres, Réunion
- Mandret Gilles, Cirad, Représentation régionale du Cirad, Ambassade de France, 57, Tran Hung Dao, Hanoi, Vietnam
- Michon Alex, Union des Afp, 24^e km, 97418 Plaines des Cafres, Réunion
- Nabeneza Serge, Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7, chemin de l'Irat, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Paillat Jean-Marie, Cirad-tera, station de La Bretagne, BP 20, 97408 Saint-Denis Messagerie Cedex 9, Réunion
- Pelot Jean, Inra, 147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07, France
- Rivière Expédit, Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7, chemin de l'Irat, 97410 Saint-Pierre, Réunion
- Thomas Patrick, Union des Afp, 24^e km, 97418 Plaines des Cafres, Réunion
- Tillard Emmanuel, Cirad-emvt, station de Ligne-Paradis, 7, chemin de l'Irat, 97410 Saint-Pierre, Réunion

Fichier préparé par Nicolas Perrier, société 4P
Imprimé pour vous par Books on Demand (Allemagne)

LA COLLECTION REPÈRES

La collection Repères publie des résultats de recherche obtenus dans les domaines d'activité du Cirad : agriculture, forêt et élevage. Elle s'adresse aux chercheurs, aux enseignants et aux étudiants.

DÉJÀ PARUS

Les ignames au Cameroun

*Roland Dumont, Perla Hamon,
Christian Seignobos*

La culture *in vitro* de plantes tropicales
Claude Teisson, éditeur scientifique

In vitro culture of tropical plants
Claude Teisson, editor

L'élevage bovin en Guyane

*Michel Vivier, Bertrand Vissac,
Gérard Matheron, éditeurs scientifiques*

Recherche agricole et innovation
en Afrique tropicale

Pierre-Marie Bosc, Ellen Hanak Freud

Agricultural research and innovation
in tropical Africa

Pierre-Marie Bosc, Ellen Hanak Freud

Forêts tropicales et cycle du carbone
Bruno Locatelli

Lutte intégrée contre les ravageurs
des cultures pérennes tropicales

Dominique Mariau, éditeur scientifique

Le café de Coatepec

*Benoît Goud, Lyne Moriaux-Sallée,
Bertrand Sallée*

Politiques publiques et agriculture

*Bruno Losch, Nancy Laudié,
Frédéric Varlet, François Ruf*

L'amélioration des plantes tropicales

*André Charrier, Michel Jacquot,
Serge Hamon, Dominique Nicolas,
éditeurs scientifiques*

Filière et dialogues pour l'action,
la méthode Cadiac

Robin Bourgeois, Danilo Herrera

Les agro-industries rurales
en Amérique latine

*François Boucher, José Muchnik,
éditeurs scientifiques*

Du Sahel à la forêt tropicale

Roger Bertrand

Les maladies des cultures pérennes tropicales
Dominique Mariau, éditeur scientifique

Integrated pest management of tropical
perennial crops

Dominique Mariau, editor

Diversité génétique des plantes tropicales cultivées
*Perla Hamon, Marc Seguin, Xavier Perrier,
Jean-Christophe Glaszmann, éditeurs scientifiques*

Cultures fourragères tropicales
Guy Roberge, Bernard Toutain, éditeurs scientifiques



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement



Institut national
de la recherche
agronomique



Commissariat
à l'aménagement
des Hauts



Les recherches sur l'élevage bovin à la Réunion remontent à 1962, mais ce n'est qu'à partir de 1987 que, à la demande des organisations professionnelles et de la Région, une équipe pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle de recherche-développement s'est mise en place : le Cirad-Elevage. Cette équipe avait pour objectif de répondre aux préoccupations des acteurs de la filière : comment améliorer la reproduction des troupeaux ? comment résoudre le problème du déficit fourrager hivernal ? Au fur et à mesure de l'avancement des recherches, ces questions se sont enrichies et précisées : comment mieux gérer les prairies en fonction des systèmes de production et dans des contextes écologiques variés ? comment utiliser la diversité des ressources fourragères pour répondre aux besoins des animaux ? comment améliorer les performances zootechniques et sanitaires des troupeaux ?

L'élevage bovin à la Réunion offre une synthèse de ces quinze dernières années de recherche. A partir d'une analyse de la diversité et de la dynamique des systèmes d'élevage, dans leur contexte passé et actuel, il pose la problématique du développement de l'élevage bovin réunionnais. Puis il aborde la question centrale des ressources fourragères — comportement des espèces, installation, fertilisation et gestion agroécologique des prairies — et de l'alimentation des animaux — systèmes d'élevage, ensilage, ressources alimentaires extérieures à l'exploitation, rations. Il traite, enfin, des performances zootechniques et sanitaires des troupeaux.

Ces recherches ont débouché sur de nombreuses applications concrètes comme l'instauration d'un suivi de reproduction pour les troupeaux laitiers et allaitants, la mise au point de la technique d'ensilage en balles enrubbannées, l'élaboration de techniques et d'outils de diagnostic pour l'aide à la gestion raisonnée des prairies et l'organisation d'un suivi écopathologique de l'infertilité.

Mais au-delà de leur intérêt strictement local, ces recherches sont riches d'enseignements pour l'ensemble des régions tropicales, et particulièrement pour les zones de montagne.

45,00 €

Diffusion : La Librairie du Cirad
BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1
France

