

Une décennie d'expérience

CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

La Division des sciences de
l'agriculture, de l'alimentation
et de la nutrition : bilan des
dix premières années



Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement; il concentre son activité dans cinq secteurs : agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

© Centre de recherches pour le développement international, 1981
Adresse postale : B.P. 8500, Ottawa (Canada) K1G 3H9
Siège : 60, rue Queen, Ottawa

CRDI, Ottawa CA

IDRC-170f

Décennie d'expériences : Centre de recherches pour le développement international : la Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition : bilan des dix premières années. Ottawa, Ont., CRDI, 1981. 200 p. : ill.

/Publication CRDI/, /CRDI/, /agriculture/, /aliments/, /nutrition/, /recherche agricole/, /recherche appliquée/, /programme de travail/, /pays en développement/ — /projets de recherche/, /recherche forestière/, /recherche halieutique/, /recherche nutritionnelle/, /systèmes post-récolte/, /formation/, /Canada/, /centres de recherche/, /futur/, /publication/.

CDU: 63.001.5

ISBN: 0-88936-299-8

Édition microfiche sur demande

*This publication is also available in English.
La edición española de esta publicación también se encuentra disponible.*

IDRC-170f

Une décennie d'expérience

**CENTRE DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL
La Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation
et de la nutrition : bilan des dix premières années**

*A nos amis de nombreux pays dont les réalisations
font l'objet du présent ouvrage*

Table des matières

Préface	4
Avant-propos	5
Sigles et abréviations	7
Chapitre 1. Historique, philosophie et mode d'opération	9
Chapitre 2. (Rétrospective par zone géographique)	25
Afrique	26
Moyen-Orient et Afrique du Nord	61
Asie	77
Amérique latine et Antilles	116
Canada et pays industrialisés	143
Chapitre 3. L'expérience acquise	155
Chapitre 4. Perspective d'avenir	171
Épilogue	177
Annexe 1. Tableau cumulatif	180
Annexe 2. Centres internationaux de recherches agricoles	190
Annexe 3. Publications de la SAAN de 1970 à 1980	191
Annexe 4. Autres documents publiés par le personnel de la SAAN	196

Préface

La communauté du développement international se " gargarise " aujourd'hui de mots sur les problèmes de famine, de pauvreté, d'environnement, etc. qui affligent les pays en développement. Mais une infime partie seulement de cette belle rhétorique se concrétise par des efforts précis visant à améliorer la qualité de la vie des populations rurales. La division des Sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition a, pour sa part, accordé ses principes à son action en finançant 400 projets de recherche sur des sujets aussi divers que l'herbe à éléphant, le manioc, le pois d'Angole, la mytiliculture, les boisés de villages, etc. dans plusieurs parties du monde. *Une décennie d'expérience* résume précisément comment ces travaux ont été réalisés en conformité avec la conception du développement qui inspire toute l'action du Centre : participer et non diriger.

La présente publication se distingue des autres ouvrages sur le développement en ce qu'elle ne reste pas au niveau des vœux pieux mais elle parle de réalisations concrètes dont Joe Hulse, directeur de la division de la SAAN, et ses collaborateurs sont fiers à juste titre. Tout en contribuant à la constitution de capacités de recherche, la Division a effectué des travaux productifs dans des endroits les plus inattendus. Au cours des 10 années écoulées, elle s'est activement occupée des cultures négligées, des terres négligées, des populations négligées en favorisant l'émergence de nouvelles structures de recherche pour ces domaines négligés jusqu'à présent, alimentant les réseaux de recherche transnationaux et transcontinentaux, et en mobilisant les ressources humaines du Canada pour les mettre au service des scientifiques du Tiers-Monde. Cette dernière opération s'est effectuée sans " douleur ", c'est-à-dire sans susciter les conflits généralement associés à toute collaboration entre les pauvres et les nantis. Sans claironner les mérites de la pluridisciplinarité, les projets de recherche s'inspirent de cette approche, d'une part parce que l'aspect social est pris en compte et d'autre part parce qu'ils sont axés sur la petite entreprise agricole, qui sort largement du cadre universitaire. Peut-on mieux investir 73 millions de dollars que là où le besoin s'en fait cruellement sentir?

Cette brochure paraît au moment où l'unanimité se fait pour affirmer que c'est dans la création d'une capacité de recherche dans les pays les moins développés que réside la solution durable aux problèmes qui nous préoccupent depuis toujours. Toutes les personnes engagées dans la réalisation de cet objectif, qu'elles soient du Nord ou du Sud, se doivent de lire *Une décennie d'expérience* parce que c'est vraiment la voix de l'expérience qui parle. Il ne serait pas, en effet, exagéré de dire qu'il n'est presque pas un domaine où Joe Hulse et ses collaborateurs n'aient agi ou n'aient au moins tenté d'agir. Nous espérons vivement que la force de l'engagement et de dévouement personnels des auteurs qui apparaît en filigrane dans cette brochure ne manquera pas de se communiquer à tous les lecteurs.

Gelia T. Castillo

*Professeur de sociologie rurale
Université des Philippines,
Los Baños*

Avant-propos

En toutes choses, on n'apprend que de ceux qu'on aime
(Goethe)

En 1977, le Centre de recherches pour le développement international publiait *Agriculture, Food and Nutrition Sciences — The First Five Years* (IDRC-089e) une rétrospective de toutes les initiatives et réalisations de la division de la SAAN de 1970 à 1975. Le *bilan des cinq premières années* devait se révéler comme l'une des publications les plus recherchées du Centre. Depuis, cinq années se sont écoulées et le CRDI a fêté son dixième anniversaire ; le moment semble donc venu de réviser cette publication et de la mettre à jour.

Le premier bilan respectait l'ordre du Programme des travaux et budget de la Division, les projets étant présentés en fonction des cinq groupes de programmes, à savoir les cultures et les systèmes culturaux, les pêches, la zootechnie, la foresterie et les systèmes post-production. Dans la nouvelle publication, la présentation a été modifiée et les projets et autres activités sont traités en fonction de la zone géographique où ils ont été réalisés. Le texte comprend quatre chapitres : Historique, philosophie et mode d'opération ; Rétrospective par zone géographique ; Expérience acquise ; et Perspective d'avenir.

Le premier chapitre donne un bref historique de la création de la Division et de l'élaboration de ses programmes ; la nature de ses priorités ; les modalités de détermination et de réalisation de celles-ci ; l'organisation et la gestion des ressources humaines, financières et matérielles de la Division ; et la philosophie ayant influencé et guidé le programme et le fonctionnement de la Division.

Le deuxième chapitre, qui est aussi le plus long, répertorie les activités et les projets subventionnés dans chacune des principales régions en voie de développement, soit en Afrique, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, en Asie, en Amérique latine et aux Antilles ainsi que les projets réalisés au Canada. Les projets ne sont pas tous présentés en détail, mais on en trouvera la liste complète à l'Annexe 1. Plusieurs projets ont été traités plus en profondeur que les autres afin d'illustrer les progrès des travaux d'intérêt particulier ou exceptionnels. Nous espérons que le chapitre 2 mettra en lumière la portée et la diversité du programme.

Le chapitre 3 traite de l'expérience acquise au cours des dix dernières années. Les employés de la Division se sont livrés à une analyse introspective et leurs commentaires verbaux et écrits sont résumés dans ce chapitre. Sur certains points, tout le monde est d'accord, tandis que sur d'autres, les opinions divergent beaucoup. Nous osons espérer que ce chapitre sera particulièrement utile pour les nouveaux participants au développement

international de l'agriculture, mais, étant donné qu'il présente essentiellement une série de jugements subjectifs, il ne peut être considéré comme un guide infaillible en la matière. C'est une analyse critique des réalisations de la SAAN et de ce qui reste à accomplir. Il ne s'agit pas d'une appréciation des projets individuels ou de leurs administrateurs, cette évaluation ayant généralement lieu entre parties intéressées.

Les derniers paragraphes donnent un aperçu de l'avenir et essaient de prévoir les changements d'orientation et de priorités ainsi que les différentes possibilités offertes aux architectes de la prochaine décennie. Cette dernière partie est évidemment de nature spéculative étant donné que c'est au Conseil des gouverneurs du CRDI qu'il incombe de prendre les décisions relatives aux priorités futures des programmes et à la répartition des ressources du Centre.

Même si le présent rapport porte sur le programme de travaux de la division de la SAAN, il convient de rendre hommage aux autres divisions et au Conseil des gouverneurs du CRDI pour l'aide et la collaboration apportées au personnel et aux projets de la SAAN.

Il est opportun de reprendre ici certaines déclarations énoncées dans le "*Bilan des cinq premières années*": la raison d'être du CRDI est d'encourager et de subventionner la recherche appliquée, non pas de l'entreprendre; le Centre a été créé pour jouer un rôle de catalyseur et pour assurer les services de soutien, c'est-à-dire les services qui aident les scientifiques des pays en voie de développement à définir, planifier et diriger la recherche appliquée en vue d'améliorer le bien-être des pauvres en milieu rural.

Toutes les initiatives et les réalisations de la Division sont attribuables aux scientifiques et aux organismes que le Centre a eu le privilège d'encourager et de subventionner et c'est à eux qu'est dédiée la publication.

Le titre *Une décennie d'expérience* semble approprié, étant donné que l'ouvrage fait à la fois le bilan des travaux réalisés hors du Centre et celui des connaissances acquises par le personnel de la Division par suite de leur collaboration avec des scientifiques et des techniciens bénéficiant de l'aide de la SAAN et par une analyse critique permanente de ce que certaines personnes ont qualifié de mode unique de fonctionnement du CRDI.

La brochure comprend une synthèse des idées et commentaires du personnel de la SAAN et d'autres collaborateurs du programme. Je tiens à leur exprimer ma reconnaissance tout en assurant l'entière responsabilité de l'interprétation des documents qui m'ont été communiqués.

J.H. Hulse

Directeur

Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition

Sigles et abréviations

- ACDI Agence canadienne de développement international
- ADRAO Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest
- AIT Institut asiatique de technologie
- ALAD Programme de développement agricole des terres arides
- ASEAN Association des nations de l'Asie du Sud-Est
- BARI Institut de recherche agricole du Bangladesh
- BID Banque interaméricaine de développement
- BRRRI Institut de recherche sur le riz du Bangladesh
- CASAFA Commission pour l'application des sciences à l'agriculture, à la foresterie et à l'aquiculture
- CAT Comité d'assistance technique
- CATIE Centre agronomique de recherche et d'enseignement
- CEE Communauté économique européenne
- CIAT Centre international d'agriculture tropicale
- CIBC Institut du Commonwealth pour la lutte biologique
- CIEA Centre international de l'élevage pour l'Afrique
- CIFRI Institut central de recherche sur les pêches continentales
- CIFT Institut central sur la technologie de la pêche en Inde
- CIMMYT Centre international d'amélioration du maïs et du blé
- CIMPA Centre de recherche et d'amélioration de la production animale
- CIRA Centres internationaux de recherches agricoles
- CIRAF Conseil international pour la recherche en agroforesterie
- CIUS Conseil international des unions scientifiques
- CNRA Centre national de recherches agronomiques
- CNUSTD Conférence des Nations Unies sur la science et la technique au service du développement
- CRDI Centre de recherches pour le développement international
- SAAN — Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition
- DC — Division des communications
- SS — Division des sciences de la santé
- SI — Division des sciences de l'information
- S.Soc. — Division des sciences sociales
- ASRO — Bureau régional pour l'Asie
- EARO — Bureau régional pour l'Afrique de l'Est
- LARO — Bureau régional pour l'Amérique latine
- MERO — Bureau régional pour le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord
- WARO — Bureau régional pour l'Afrique de l'Ouest
- CRIA Institut central de recherche pour l'agriculture
- CTCRI Institut central de recherche sur les tubercules
- FAO Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- GASGA Groupe d'assistance au stockage des grains en Afrique
- GCRAI Groupe consultatif de la recherche agricole internationale
- GEA Groupe d'économie agricole
- IARI Institut indien de recherche agricole
- ICA Institut colombien d'agriculture
- ICAITI Institut de recherches et de technologie industrielles pour l'Amérique centrale
- ICAR Conseil de recherches agricoles de l'Inde
- ICARDA Centre international de recherche agricole dans les zones arides
- ICIPE Centre international sur la physiologie et l'écologie des insectes
- ICRISAT Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides
- IFDC Centre international de développement des engrais
- IFPRI Institut international de recherche sur les politiques alimentaires
- IFRI Institut de recherche sur les pêches continentales

- IITA Institut international d'agriculture tropicale
- INCAP Institut de nutrition de l'Amérique centrale et du Panama
- INRF Institut national de recherches forestières
- INTEC Institut de recherche technologique
- IRRI Institut international de recherches sur le riz
- IUFOST Union internationale de science et de technologie alimentaires
- IVITA Institut vétérinaire de la recherche tropicale et en hautes altitudes
- LRP Laboratoire régional des Prairies
- MARDI Institut de recherches et de développement agricoles de la Malaysia
- NGA Office national des grains
- ONAREST Office national de la recherche scientifique et technique
- ONERSOL Office national de l'énergie solaire
- PCARR Conseil de la recherche agricole et des ressources des Philippines
- PLMA Pays les moins avancés : pays où le PNB était de 100 \$ US ou moins par habitant en 1968 ; l'industrie de 10 % du PNB ou moins et le taux d'alphabétisation de 20 % ou moins — Résolution des N.U., n° 27681 du 18 novembre 1971
- PGT Pays les plus gravement touchés : sigle officiel élaboré par l'Organisme de secours des Nations Unies pour inclure les pays affectés par la crise du pétrole.
- PMA Pays moins avancés : Amérique latine et Antilles, Afrique (sauf Afrique du Sud), Asie (comprenant Israël mais excluant la Chine, la République démocratique de Corée, la Mongolie, le Vietnam et le Japon.) Document du Secrétariat des Nations-Unies E AC 54 L81.
- PNUD Programme des Nations Unies pour le développement
- RIIC Centre de promotion de l'industrie rurale
- SAIS Sociétés agricoles d'intérêt social
- SEAFDEC Centre de développement des pêcheries du Sud-Est asiatique
- SEARCA Centre régional de l'Asie du Sud-Est pour les études universitaires et la recherche en agriculture
- SISIR Institut des normes et de la recherche industrielle de Singapour
- SUCO Service universitaire canadien outremer
- TADD Décortiqueur tangentiel abrasif
- TSA Tropiques semi-arides
- UISN Union internationale des sciences de la nutrition
- UNESCO Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
- UNU Université des Nations Unies
- UPEB Union des pays producteurs de bananes
- UPLB Université des Philippines à Los Baños
- USAID Agence pour le développement international
- WBG Groupe de la Banque mondiale
- WINBAN Association des planteurs de bananes des Iles-au-Vent

Chapitre 1



Historique, philosophie et mode d'opération

Historique

La division des Sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition (SAAN) du CRDI a été créée en octobre 1970. Depuis une décennie, son programme vise à encourager et subventionner la recherche appliquée au profit de la population rurale qui constitue la vaste majorité des peuples d'Afrique, du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, de l'Asie, de l'Amérique latine et des Antilles. Au cours de sa première réunion, le Conseil des gouverneurs du CRDI a décidé que la division de la SAAN donnerait priorité aux habitants des tropiques semi-arides (TSA) parmi lesquelles, selon tous les critères économiques et sociaux reconnus, vivent les gens les plus pauvres et les plus défavorisés. Très peu de temps après que la division de la SAAN eut accordé la priorité aux TSA, des terribles sécheresses ont attiré l'attention du monde entier sur l'état chronique des incertitudes climatiques et agronomiques ainsi que sur les effets tragiques des sécheresses fréquentes mais imprévisibles qui affligent le Sahel, les TSA situées à la frontière du Sahara.

Bien qu'il soit impossible de définir avec précision les " zones tropicales semi-arides ", elles sont caractérisées par des sols pauvres, des précipitations faibles et irrégulières, des récoltes à faible rendement et, par conséquent, une malnutrition chronique chez les gens les plus pauvres. Jusqu'au début des années 1970, les TSA étaient des zones où les habitants, les terres et les récoltes alimentaires étaient gravement négligés.

Le programme de la SAAN vise à stimuler la recherche appliquée au profit de la population rurale délaissée afin d'augmenter la productivité des terres, de l'eau, des cultures vivrières, des animaux terrestres et aquatiques, des arbres et autre végétation à l'abandon. Les moyens appliqués dans le cadre du programme pour remédier à certaines de ces négligences antérieures constituent le thème principal de la présente publication.

Recherche appliquée

Selon Pasteur, " il n'existe pas de sciences appliquées . . . il y a uniquement des applications de la science. . . " N'en déplaise au grand savant, la division de la SAAN veille à promouvoir la recherche appliquée, appliquée au bien-être de l'humanité. La Division offre, au besoin, son aide pour déterminer qui bénéficiera des recherches et comment ces avantages seront accordés. Le programme, qui présente un vaste spectre de complexité scientifique et d'expériences et de compétences techniques, est axé sur les projets réalisés en étroite collaboration avec les habitants des zones rurales au profit desquels ils sont destinés.

Cependant, contrairement à certaines croyances contemporaines, Pasteur avait raison d'affirmer que les principes et les méthodologies scientifiques rationnels sont universellement applicables et transférables ; beaucoup de techniques ne le sont pas. Étant donné que les techniques biologiques subissent l'influence des milieux physiques, sociaux et économiques dans lesquels elles existent et s'influencent réciproquement, ces techniques sont notablement difficiles à transférer d'une région à une autre. Par conséquent, tous les pays en développement doivent avoir leurs propres services de recherches, capables de modifier et d'adapter les technologies nouvelles ou améliorées en fonction du milieu existant. Dans le contexte de la SAAN, la " Recherche " peut être définie comme " une progression logique et systématique du connu vers l'inconnu ". Parmi plus de 400 projets subventionnés par la SAAN, il y a des exemples de simple recherche sur les moyens d'adaptation, de recherche appliquée d'une diversité considérable, et complétée, dans certains cas, par la recherche fondamentale. Dans l'ensemble, ces différents types de recherches nécessitent de nombreux niveaux de compétence et d'expérience en matière de techniques, de méthodes et de gestion scientifiques.

Philosophie

" Partners in Development " (Vers une action commune pour le développement du Tiers-Monde), le rapport de la Commission Pearson sur le développement international qui a inspiré dans une grande mesure la philosophie du CRDI, recommandait de promouvoir davantage la recherche dans les pays en voie de développement et spécifiait que " les pays industrialisés aident à créer des centres internationaux, régionaux et nationaux de recherche scientifique et technologique dans les pays en voie de développement . . . ". Notamment, la Commission Pearson recommandait l'établissement de centres axés sur l'approvisionnement en nourriture et l'agriculture en milieu tropical.

La Division a contribué, sur les plans scientifique, administratif et financier, à la création de plusieurs centres internationaux de recherches agricoles (CIRA). Elle apporte également son aide financière à divers programmes de recherches spécifiques des CIRA liés aux projets subventionnés par le Centre dans les pays en voie de développement.

Certains scientifiques adhèrent à la théorie du produit miracle, c'est-à-dire que l'excellence et l'ingéniosité scientifiques créeront leur propre demande et engendreront d'elles-mêmes des améliorations sociales. Étant donné que c'est rarement le cas, la Division comprend un petit Groupe d'économie agricole (GEA) qui, en collaboration avec les autres groupes de programmes, aide les pays bénéficiaires à déterminer qui tirera profit des recherches et à s'assurer que les facteurs sociaux et économiques pertinents ont été pris en considération.

Approche systématique

C'est une pratique contemporaine de préconiser la recherche multidisciplinaire malgré le fait que de nombreux scientifiques (peut-être la plupart)

sont formés dans des disciplines spécialisées, et que relativement peu d'entre eux connaissent la gestion et l'intégration systématique des sciences techniques, économiques et sociales pour un but commun. De nombreux centres de recherches, particulièrement dans les pays les moins avancés en matière de sciences, ne sont ni structurés, ni organisés pour faire des recherches nécessitant une mise en application équilibrée de nombreuses disciplines. Néanmoins, même dans le cas de projets dont la portée est très limitée, le personnel de la SAAN encourage et aide à définir une approche systémique qui tienne compte des besoins des bénéficiaires ainsi que du milieu social, économique et physique où les éventuels bénéficiaires vivent et se déplacent.

Une approche systématique de la planification, l'application et l'adaptation des résultats des projets, permet de court-circuiter la succession traditionnelle de la recherche, à savoir (a) la recherche en laboratoire ou sur une ferme expérimentale, suivie (b) de démonstrations et de " programme de vulgarisation " et, éventuellement, (c) de l'application par les artisans en milieu rural. Selon cette manière d'aborder la situation, la recherche doit commencer par une connaissance générale des localités rurales intéressées et une grande partie des études doit se faire en collaboration avec les bénéficiaires.

Dans les pays les moins avancés sur le plan scientifique, des projets relativement simples prédominent. Dans les pays où les ressources collectives et humaines le permettent, des projets plus complexes existent en matière de polyculture, de pisciculture mixte et de systèmes agricoles où l'exploitation des animaux ou des espèces d'arbres est intégrée à la production et à la post-production des systèmes cultureux. L'intégration des recherches sur la post-production à la production porte fruit dans plusieurs pays où, outre le rendement des cultures et le potentiel de production, l'on vise la comestibilité, l'utilité, la stabilité, la commercialisation et la distribution des aliments récoltés.

Mode d'opération et objets

Libre des contraintes de l'aide conditionnelle, le mode de fonctionnement et d'assistance du CRDI et de la SAAN semble attirer les gouvernements et les centres de recherches de nombreux pays en voie de développement et la Division reçoit plus de demandes qu'elle n'en peut satisfaire, compte tenu de ses ressources financières et humaines. Bien que plusieurs organismes aient étudié le mode d'opération du CRDI, il en existe relativement peu qui fonctionnent avec la souplesse et la liberté du Centre.

Les tableaux de l'Annexe 1 présentent des données statistiques sur les dix premières années d'existence du programme de la SAAN et sur l'expansion du programme en fonction du budget et du nombre de projets. Outre les projets inventoriés dans les tableaux, la Division a administré, pour le compte de l'Agence canadienne de développement international, 36 projets spéciaux atteignant 9 millions de dollars ainsi que 7 millions de dollars administrés par le CRDI à titre d'agent d'exécution pour le Groupe consulta-



Recherches de l'IRRI sur les systèmes culturaux.

tif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) et d'autres consortiums de donateurs.

Le GCRAI, dont le CRDI est l'un des membres fondateurs, est constitué d'un consortium informel d'organismes et de représentants d'aide aux pays en voie de développement, sous l'égide de la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Le GCRAI subventionne toutes sortes de CIRA, lesquels sont tous destinés à augmenter la production alimentaire dans les pays en développement. Tous les centres sont dotés d'un personnel de scientifiques expérimentés, sélectionnés dans une vaste gamme de disciplines pertinentes. Les CIRA mettent au point des cultivars améliorés, entretiennent le matériel génétique, font évoluer les méthodologies de recherches agricoles et fournissent des centres de formation. Tous ces services sont accessibles aux experts en agriculture des pays en voie de développement. (Les CIRA et leurs responsabilités sont présentés à l'Annexe 2.)

Les CIRA jouent un rôle essentiel dans plusieurs réseaux de programmes de la division des SAAN. Le CRDI a contribué financièrement à des programmes spécifiques de certains CIRA, dont les systèmes culturaux de l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), l'amélioration des légumineuses de l'Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) et du Centre international de recherches agricoles dans les zones sèches (ICARDA) et la recherche sur le manioc du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) et de l'Institut international d'agriculture tropicale. La division de la SAAN subventionne simultanément des projets sur les systèmes culturaux et des recherches sur les légumineuses et l'amélioration des plantes-racines dans plusieurs pays

où chaque groupe de projets nationaux connexes est intégré à des réseaux de coopératives qui dépendent du CIRA approprié pour obtenir le matériel agricole, les méthodologies de recherche ainsi que des conseils et une formation scientifiques.

En collaboration avec la Fondation Ford, la Division a créé ICRISAT, le premier des nouveaux CIRA à être parrainé par le GCRAI. La Division a fourni des subventions et une direction à l'équipe qui a déterminé les buts du programme de l'ICRISAT dans les TSA en Afrique. Le GCRAI a invité le CRDI à jouer le rôle d'agent d'exécution, d'abord pour la création du Centre international de l'élevage pour l'Afrique (CIEA) dont l'administration centrale se trouve à Addis Abeba en Éthiopie et, plus tard, pour la création d'ICARDA qui, en dépit des oppositions politiques régionales, a élaboré un programme de recherche remarquable sur les systèmes cultureux et d'importants systèmes d'exploitation agricole dans la région de la Méditerranée, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord.

À la demande du Président du Comité d'assistance technique (CAT), soit le groupe de scientifiques qui conseille le GCRAI en matière de priorités et de programmes des CIRA, la Division a subventionné des délégations qui ont fait des études, élaboré des rapports et formulé des recommandations sur les priorités des recherches post-récolte en Asie et en Afrique, des recherches en aquiculture en Asie et une stratégie de recherche en matière de gestion des eaux.

Plus récemment, le CRDI a subventionné une étude qui a débouché sur la création du Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF), une organisation dont l'administration centrale se trouve à Nairobi, au Kenya, et spécialisée dans l'amélioration de l'utilisation des terres par l'intégration d'espèces d'arbres dans les systèmes d'exploitation agricole. Au nom d'un consortium de donateurs, le CRDI a agi en qualité d'agent d'exécution pendant les années de formation du CIRAF. Au-delà des sphères d'attributions du GCRAI, mais pour le compte de plusieurs de ses membres, le Centre assume également les fonctions d'agent d'exécution pour un réseau de projets de recherches et de formation, liés à un ou plusieurs aspects des systèmes post-récolte de riz dans des pays situés en Asie du Sud-Est.

La Division de la SAAN est l'un des fondateurs du Groupe d'assistance au stockage des grains en Afrique (GASGA) qui a collaboré à l'amélioration des conditions post-récolte des céréales et des légumineuses, et qui a préparé une liste complète des priorités de la recherche post-récolte dans les pays en voie de développement. Le président de la Commission pour l'application des sciences à l'agriculture, la foresterie et à l'aquiculture (CASAF), créée à l'issue des réunions de la CNUSTD par le Conseil international des unions scientifiques (CIUS) est également un membre de la Division.

Réseaux

En ce qui concerne les domaines du programme de la Division non appuyés par un CIRA, dont les pêches, la foresterie, les systèmes post-production et, dans une grande mesure, la zootechnie, d'autres formes de soutien technique des réseaux de projets ont été conçues. Parmi celles-ci,

mentionnons le réseau de conseillers techniques, soit à titre individuel, soit sous forme de petites équipes de scientifiques et de technologues expérimentés qui, comme des missionnaires, visitent régulièrement les projets liés au sein du réseau par un intérêt commun ou un thème technologique connexe. Les conseillers de réseau fournissent des conseils techniques, collaborent au stockage et à l'échange du matériel génétique entre les projets et organisent des ateliers périodiques où des scientifiques de différents pays échangent leurs résultats et se communiquent leurs expériences sur des questions d'intérêt commun.

C'est une priorité de la Division d'établir et de maintenir des contacts entre les différents projets ayant des intérêts communs ou des objectifs connexes. Il existe peu de centres de recherches dans les pays en voie de développement qui possèdent des ressources humaines et financières suffisantes pour assurer toutes les recherches nécessaires dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, des pêches, des systèmes post-production et des sciences fondamentales dont dépendent toutes les recherches appliquées. Dans les pays où les conditions agroclimatiques, économiques et sociales sont similaires, les besoins de chacun sont souvent le mieux assurés par une étroite collaboration et des contacts réguliers. Le réseau de recherche sur les systèmes post-récolte du riz et son équipe de conseillers techniques sont présentés en détail dans la section sur l'Asie, au chapitre 2. La Division subventionne plus de vingt projets de recherche en sylviculture communautaire, c'est-à-dire la culture des arbres forestiers par et pour les populations locales dans des pays voisins du Sahara et d'autres zones semi-arides d'Afrique. Au départ, les directeurs de recherche en foresterie de plusieurs pays des TSA ont élaboré un programme de recherche complet et intégré dont les exigences et la diversité en matière de ressources ne pourraient être satisfaites par un seul pays, mais dont la mise en oeuvre est assurée grâce à une participation considérable de chacun de ces pays. Afin de stimuler le progrès et la collaboration, la Division offre les services de deux conseillers de recherche africains en foresterie, possédant en commun une expérience de nombreuses années dans la recherche et le développement en foresterie en Afrique et au Moyen-Orient, et parlant couramment l'arabe, l'anglais et le français. Ces deux conseillers visitent régulièrement tous les projets du réseau et, de temps en temps, réunissent les directeurs des projets pour faire un compte rendu collectif de l'avancement des travaux.

Recherche fondamentale

Pratiquement toute la recherche appliquée, indépendamment de sa portée ou de son envergure, est finalement soumise à des contraintes dues à des obstacles et à des difficultés nécessitant des études de nature plus fondamentale. Environ dix pour cent des projets du programme de la SAAN ont été réalisés au titre de subventions à la recherche pure, octroyées surtout à des institutions canadiennes, en vue de compléter la recherche appliquée dans les pays étrangers. En vertu du nouveau Programme de coopération, selon lequel le gouvernement du Canada s'est engagé auprès de la CNUSTD à augmenter les subventions, l'on espère que la collaboration entre les institutions de recherches du Canada et celles des pays en voie de développement sera considérablement élargie et diversifiée.

La recherche fondamentale subventionnée par la Division de la SAAN pendant la dernière décennie, a permis de produire, par la culture des tissus végétaux, du manioc sain à partir de plantes infectées ; de déterminer les moyens chimiques de faire germer les plantes adventices qui ravagent les céréales et légumineuses tropicales et, en l'absence de plantes-hôtes, de les faire mourir avant l'ensemencement des céréales et des légumineuses ; d'isoler et d'identifier le tanin polyphénolique naturel qui, simultanément, fait augmenter la résistance du sorgho aux attaques par les oiseaux, les moisissures et peut-être les insectes et réduit la valeur nutritionnelle de la céréale ; d'identifier les micro-organismes qui, dans un environnement tropical, augmentent, par fermentation, la teneur protéique du manioc et d'autres substances féculentes ; de faire l'identification et la micro-analyse des hormones qui contrôlent la tolérance du sorgho au stress permanent ou périodique de la sécheresse ; et de mieux comprendre l'étiologie et la pathologie de la trypanosomiase, maladie transmise par la tsé-tsé à de vastes populations de bovins en Afrique.

Des scientifiques, originaires de pays en voie de développement et possédant des diplômes de degré universitaire ou post-doctoral, ont participé à presque toutes ces études fondamentales. Par conséquent, celles-ci servent à résoudre certains problèmes spécifiques, à perfectionner les scientifiques des pays en voie de développement et à établir la collaboration et, l'on espère, une sympathie mutuelle entre les scientifiques du Canada et des autres nations.

Les Divisions des SI, Sciences de l'information et des DC, Communications du CRDI, avec le concours de la SAAN, offrent divers services de soutien dont des films et des diapositives, des imprimés mécanographiques, des résumés et des extraits, et des comptes rendus de l'état actuel des recherches dont certains sont publiés par le Centre et d'autres, par des maisons d'édition (toutes les publications de la SAAN sont répertoriées à l'Annexe 3). La Division parraine également des groupes de travail chargés de déterminer les besoins spécifiques en recherche, d'établir les principes des nouveaux réseaux de recherche et d'analyser l'état des connaissances en ce qui concerne les sujets intéressant le milieu rural. Par exemple, au début de l'année 1980, en collaboration avec l'Université des Nations Unies, deux unions scientifiques internationales et plusieurs autres organismes, le CRDI a parrainé un groupe de travail qui s'est réuni à l'UNESCO, Paris (France) pour faire le bilan des connaissances sur l'état nutritionnel des populations rurales du Sahel en Afrique. (Voir *État nutritionnel de la population rurale du Sahel — Rapport d'un groupe de travail — Paris (France) 28-29 avril 1980*. CRDI, Ottawa, 1981. IDRC-160f, 96p. Version anglaise IDRC-160e).

Administration et organisation

En matière d'administration, le programme de la Division est organisé de manière conventionnelle en fonction des groupes de disciplines connexes. Chaque groupe a créé son modèle d'organisation et de programme, en fonction des besoins établis par le Directeur associé du programme concerné et ses collègues. A titre d'exemple, le groupe sur les cultures et systèmes cultureux travaille sur tous les continents alors que le

groupe des systèmes post-production ne comprend qu'une seule unité, située à l'Université de l'Alberta.

Cultures et systèmes cultureux Le groupe des cultures et des systèmes cultureux a administré au cours de la décennie plus de 44 % des 400 projets approuvés et un peu plus de 50 % du budget total des affectations non engagées du programme de la SAAN. Le coût moyen d'un projet scientifique sur les cultures se chiffrait à près de 250 000 \$ et la durée moyenne était de 35 mois. Au cours des dix dernières années, des projets ont été réalisés dans 46 pays différents, dont 27 % en Afrique, 25 % en Asie, 21 % en Amérique latine, 14 % dans le Proche-Orient et le reste, surtout au Canada. Vu que les habitants ruraux les plus défavorisés des pays en voie de développement tirent au moins 60 % et, dans certains cas, près de 90 % de leur énergie alimentaire et d'autres substances nutritives essentielles de plantes comestibles, il est normal que les cultures et les systèmes cultureux aient absorbé la plus grande partie du budget de la Division.

Le programme a été axé sur les cultures vivrières relativement négligées, à savoir les principales céréales, les légumineuses et les oléagineux des TSA ; le manioc et autres plantes-racines qui constituent la principale source de subsistance pour plus de 300 millions de personnes ; les oléagineux qui pourraient réduire les importations d'huiles végétales comestibles ; les bananes et les bananes plantains qui n'ont pas reçu l'attention proportionnée à leur importance à titre de cultures vivrières locales. De même, les recherches sur les systèmes cultureux ont été encouragées, d'abord en Asie et, plus récemment, sur d'autres continents, afin d'augmenter le rendement des terres et de la main-d'oeuvre sur les petites exploitations agricoles. On envisage pour l'avenir, d'accorder une plus grande attention aux recherches sur les systèmes cultureux, ce qui permettra de profiter des méthodologies mises au point en Asie et adaptées plus récemment en Amérique latine. La méthodologie des systèmes cultureux procède de l'analyse des besoins plutôt que d'une doctrine pré-établie. Chaque projet de recherche commence par une étude approfondie de l'agriculteur, de ses traditions, de ses ressources, de ses contraintes, des possibilités d'une plus grande productivité et des risques accompagnant tout changement technologique prévu. D'après la méthodologie, une grande partie des recherches doit s'effectuer dans les champs des cultivateurs où la tolérance des nouveaux cultivars et systèmes cultureux à l'environnement existant peut être comparée à celle des cultivars et systèmes cultureux bien connus. La fig. 1 illustre la méthodologie de la recherche sur les systèmes cultureux et la fig. 2 montre l'interrelation des variables constituant " l'exploitation agricole familiale ", unité de base de l'analyse.

Zootéchnie Dans le cadre du programme de zootéchnie, environ 14 % du budget décennal ont été affectés à 49 projets d'un coût moyen de 230 000 \$ et d'une durée moyenne de 35 mois. Des projets ont été mis en oeuvre dans 21 pays, soit 53 % en Amérique latine, 14 % en Afrique, 12 % au Moyen-Orient, 10 % en Asie et le reste au Canada.

Étant donné qu'en termes de conversion biologique de l'énergie et d'utilisation des terres, il semble plus efficace que les hommes se nourrissent

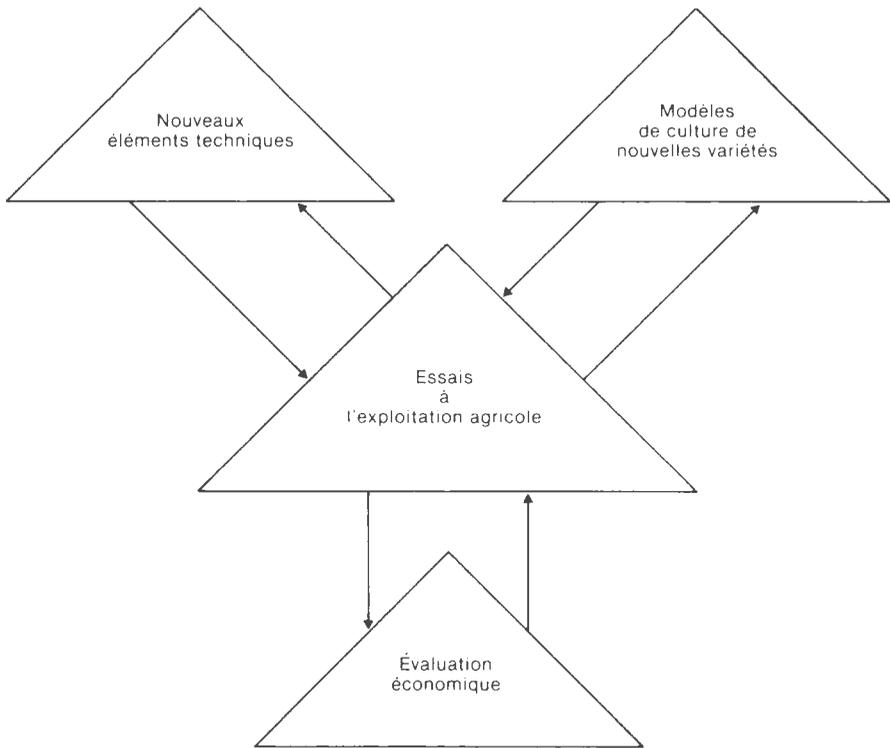


Fig. 1. Méthodes de recherche sur les systèmes culturaux.

directement de plantes au lieu des produits dérivés des animaux, de nombreuses études présentent des commentaires défavorables à l'égard de la recherche sur les produits animaux. Un tel discrédit se justifie lorsque les animaux sont nourris de céréales, de légumineuses, d'oléagineux et de plantes-racines comestibles, propres à la consommation directe par l'homme. Néanmoins, les animaux de fermes peuvent transformer de nombreuses formes de végétation, de sous-produits agricoles et de déchets ruraux et industriels en lait, en oeufs, en viande et autres produits comestibles. Par conséquent, dans le cadre du programme, la priorité est accordée aux systèmes de production animale qui englobent des pâturages améliorés sur des terres marginales inaptes aux cultures vivrières et à l'utilisation de sous-produits agricoles, industriels et domestiques inaptes à la consommation directe par les hommes. La recherche dans le domaine des espèces d'animaux indigènes et bien acclimatés qui survivent et croissent avec plus de succès que les espèces exotiques, offre un intérêt particulier dans le programme.

Les pêches Près de 42 projets sur les pêches, d'un coût moyen de 220 000 \$ et d'une durée moyenne de 35 mois ont été approuvés. Des projets relatifs aux pêches ont été subventionnés dans 20 pays, à savoir 38 % en Asie, 30 % en Amérique latine, 14 % en Afrique, 10 % au Moyen-Orient et le reste au Canada. Les recherches sur les pêches se divisent en deux grandes catégories : l'aquaculture et la mariculture — la culture de plantes et d'ani-

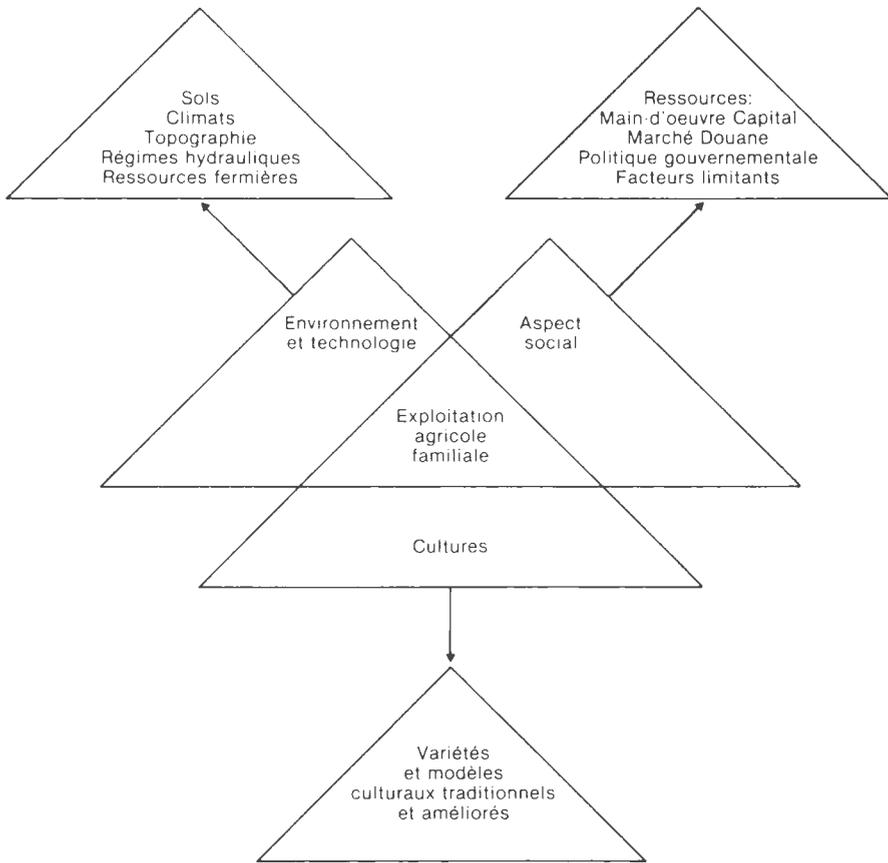


Fig. 2. Systèmes de culture intercalaire.

maux aquatiques dans les eaux dulcicoles, saumâtres et côtières ; et l'amélioration de la pêche artisanale.

Dans la plupart des projets, le poisson représente l'aliment principal des populations rurales pauvres, bien que quelques-uns l'étudient en fonction de sa valeur marchande. Parmi les projets sur l'aquaculture et la mariculture, mentionnons la reproduction, la lutte contre les maladies, l'élevage en cages flottantes et autres systèmes de gestion des espèces d'eau douce, saumâtre ou salée. A l'avenir, il y aura peut-être une augmentation des subventions accordées aux projets visant les plantes aquatiques et la pêche artisanale sur les côtes et dans les lacs, y compris les technologies peu coûteuses, à faible consommation d'énergie, pour les petites pêcheries.

Foresterie Quelque 42 projets en foresterie d'un coût moyen de 225 000 \$ et d'une durée moyenne de 38 mois ont été mis en oeuvre, dont près de 57 % en Afrique, 17 % en Amérique latine, 17 % au Moyen-Orient, 7 % en Asie et le reste au Canada. Les produits forestiers constituent l'unique source de combustible pour plus du tiers de la population mondiale. Dans les campagnes de l'Afrique de l'Ouest, plus de 35 % des revenus

sont consacrés à l'achat du bois comme combustible et les femmes passent de nombreuses heures à parcourir de longues distances à pied pour ramasser du bois pour le chauffage et la cuisson. Par conséquent, la priorité a été accordée aux recherches sur les bois communaux, dont l'exploitation de boisés et la sylviculture villageoise en vue d'approvisionner les particuliers et les exploitations agricoles en combustibles et en matériaux de construction. On cultive les espèces résistantes à la sécheresse, à croissance rapide et produisant du bois et qui, grâce à leurs racines profondes qui absorbent les substances nutritives, peuvent aussi fournir du fourrage et de l'engrais (couche de feuilles mortes) pour les autres récoltes. Dans les zones voisines du Sahara, les projets sont axés sur l'accroissement des brise-vent pour protéger les cultures vivrières et les terres arables contre les vents desséchants et le sable transporté par le vent.

Systèmes post-production Le programme des Systèmes post-production (SPP) a dirigé plus de 91 projets dont le coût moyen était légèrement inférieur à 100 000 \$ et d'une durée moyenne de 31 mois. Près de 41 % des projets post-production ont été subventionnés en Asie, 31 % en Afrique, 9 % au Moyen-Orient, 9 % en Amérique latine et le reste au Canada. Le programme post-production a accordé la priorité à la récolte, au séchage, au stockage, à la transformation, la distribution et la consommation des céréales alimentaires, des légumineuses alimentaires et des plantes-racines. L'objet global de ce programme vise à intégrer systématiquement les systèmes production et post-production ; à sensibiliser les phytologues à la nécessité de considérer les qualités de comestibilité et d'utilisation aussi bien que la supériorité agronomique des cultures vivrières ; à renseigner les spécialistes en alimentation au sujet de l'influence des antécédents génétiques et agronomiques sur les caractères qui déterminent la qualité nutritionnelle, la stabilité en cours de stockage et autre importante propriété post-récolte. Les projets plus récents visent la conservation et la transformation du poisson, des oléagineux, des fruits et des légumes tropicaux.

Étant donné que les systèmes post-production englobent toutes les activités essentielles depuis la récolte jusqu'à la consommation du produit fini, sous une forme quelconque, le groupe des SPP s'est efforcé de sensibiliser les pays en voie de développement et la communauté internationale des donateurs à l'importance d'une approche systémique des technologies post-production. (La figure 3 illustre un système global de post-production de grains.)

Le Groupe d'économie agricole Le Groupe d'économie agricole (GEA) offre des services complémentaires aux cinq autres groupes de programmes pour la détermination, l'élaboration, la mise en oeuvre et l'évaluation des projets. Le GEA s'assure qu'une attention appropriée est accordée aux facteurs microéconomiques et sociaux ainsi qu'aux conséquences et aux améliorations réalisées par la recherche appliquée subventionnée. Le GEA aide à mettre au point des méthodes de recherche qui tiennent compte des besoins, des attitudes et des contraintes des producteurs, des transformateurs, des distributeurs et des consommateurs auxquels chaque projet est destiné.

Le personnel de la Division Bien que la Division de la SAAN ne dirige pas les recherches, le programme décrit a été dans une grande mesure réalisé

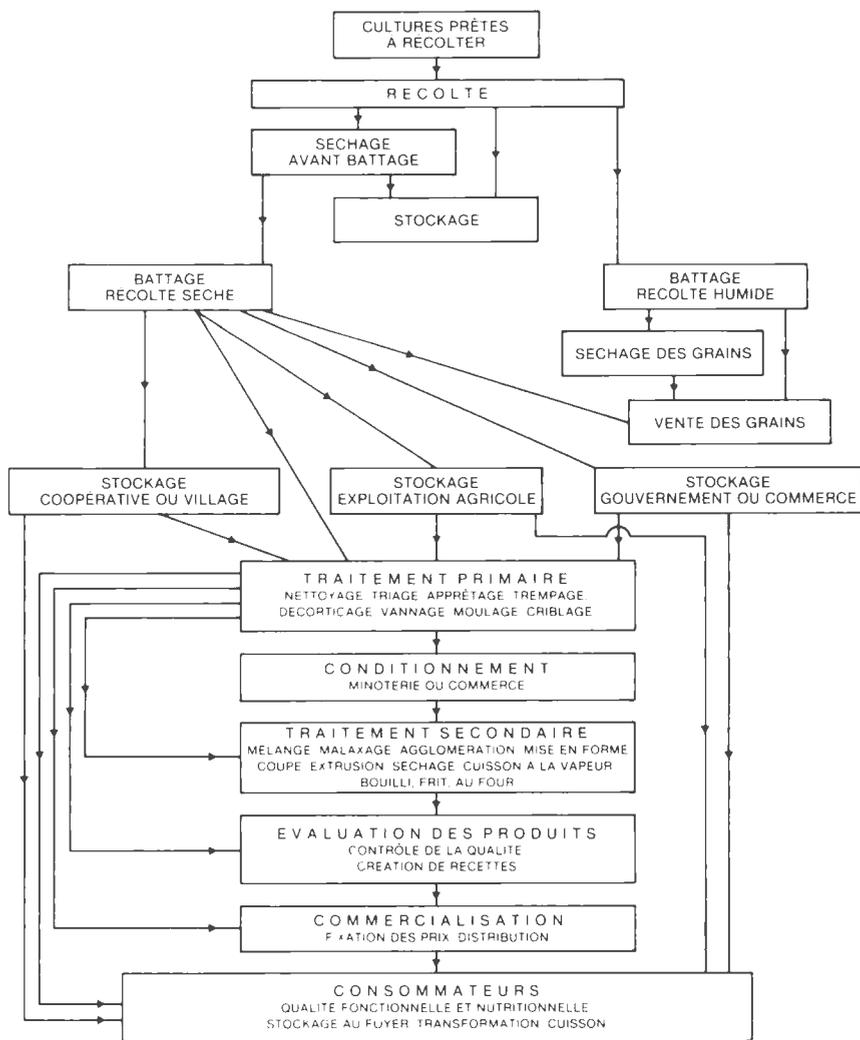


Fig. 3. Système complet de post-production des céréales.

grâce aux efforts des scientifiques expérimentés de la Division, recrutés en fonction des trois critères suivants : un haut niveau de compétence professionnelle dans les recherches pertinentes, une expérience directe de la recherche dans les pays en voie de développement et un engagement personnel de répondre aux besoins des pauvres en milieu rural. Parmi les 15 scientifiques participant aux six programmes mentionnés plus haut et au groupe d'exploitation qui est responsable du soutien administratif technique, plus de la moitié d'entre eux sont affectés au Centre depuis plus de huit ans. Collectivement, le personnel de la SAAN représente environ 250 années-personnes d'expérience, oeuvrant dans le cadre des programmes des pays en voie de développement et du développement international. Les plus anciens membres de la famille de la SAAN avaient déjà des années d'expérience acquise dans d'autres organismes d'aide scientifique ; la grande majorité des plus jeunes ont travaillé dans les pays en développement pour

le compte d'organisations comme le Service universitaire canadien outre-mer (SUCO) et le Peace Corps.

Depuis cinq ans, le nombre d'employés est demeuré relativement constant. En 1975, la Division comptait 20 professionnels qualifiés et, actuellement, il y en a 22. Au cours de l'exercice financier 1975-1976, la Division s'occupait de 117 projets en cours et la moyenne des nouveaux projets mis en oeuvre était de 40 par an. Cette année (soit l'exercice 1980-1981), il y a plus de 210 projets en cours et environ 65 autres projets seront probablement approuvés l'année prochaine. Le rapport numérique entre les projets et le personnel scientifique est à peu près le double de celui d'il y a cinq ans. En 1975-1976, le coût moyen par projet était d'environ 236 000 \$; en 1979-1980, il était de 214 000 \$. Étant donné l'inflation et la dévaluation de facto du dollar canadien, le pouvoir d'achat de la Division n'était pas beaucoup plus élevé en 1980 qu'en 1975.

Ce n'est pas assis derrière un bureau à Ottawa que l'on peut le mieux cerner les besoins des autres pays en recherche agricole. Par conséquent, dès le début, la plupart des personnes affectées au programme de la SAAN étaient envoyées dans des pays en développement ou dans des universités canadiennes offrant une bonne formation dans les disciplines pertinentes. Les Directeurs associés des pêcheries et de la zootechnie ont leurs bureaux à l'université de la Colombie-Britannique, le groupe des Systèmes post-production se trouve à l'Université de l'Alberta et, jusqu'à récemment, le Directeur associé de la Foresterie était à l'université Laval. Le groupe des cultures et systèmes cultureux est réparti parmi plusieurs pays en voie de développement de l'Asie, du Moyen-Orient et de l'Amérique latine. Les deux premiers Directeurs associés de la zootechnie se trouvaient en Colombie, un agent des pêcheries est à Singapour et d'autres employés du programme sont au Sénégal, au Kenya et à Singapour.

Ce modèle de dispersion et de décentralisation permet d'être constamment au courant des possibilités et des difficultés existant dans les pays en voie de développement et d'approfondir davantage la recherche scientifique et le développement rural.

Dans de nombreux projets, les scientifiques sont relativement isolés sur le plan du travail et sans l'appui constant du CRDI et les contacts réguliers avec celui-ci, les scientifiques n'auraient guère d'occasions de rencontrer d'autres chercheurs dont les intérêts et les activités sont similaires, de discuter avec eux et de partager leurs connaissances. En conséquence, une grande partie du temps du personnel de la SAAN est consacrée à superviser la mise en oeuvre des projets, non pas uniquement pour assurer un progrès technique satisfaisant, mais pour répondre également à des besoins plus importants, notamment, conseiller et encourager les chercheurs et leur donner accès à des sources pertinentes d'information. Le fait que l'augmentation du rapport entre le nombre de projets et le nombre de scientifiques de la SAAN a entraîné une réduction des contacts personnels par rapport aux cinq premières années d'existence suscite de graves préoccupations.

Pour pouvoir assumer pleinement leur rôle et leurs responsabilités, les scientifiques de la Division doivent voyager en moyenne 128 jours et, dans certains cas, plus de 170 jours par année. Or, comme le nombre de jours ouvrables du personnel du siège social est de 220, les époux et épouses et les

familles qui réussissent à accepter, bien qu'avec plus ou moins de joie, les longues et fréquentes séparations méritent une reconnaissance spéciale.

Sauvegarde de l'avenir

Le tollé général qui s'est élevé au sujet des combustibles fossiles parmi les nantis des pays industrialisés aussi bien que des pays en voie de développement, masque un problème beaucoup plus grave pour la vaste majorité de la population mondiale : la baisse de la production par personne et la hausse continue du coût des aliments essentiels. La FAO, le groupe de la Banque mondiale (WBG) et l'Institut international de recherches sur les politiques alimentaires (IFPRI) présentent tous des prévisions pessimistes sur les réserves alimentaires au cours des deux prochaines décennies. Le tableau I montre la variation de la production d'aliments par tête et par continent, entre les années 1960 et 1970. Une augmentation modérée existe seulement en Asie où l'on a adopté sur une grande échelle l'exploitation de cultivars de riz et de blé à rendement amélioré. Selon des études récentes, la production alimentaire totale en Afrique augmente d'environ 0,5 % par an, tandis que la population augmente de 3 % et la demande alimentaire de 5 %.

Tableau 1. Production alimentaire par habitant — variation entre les années 1960 et 1970 (%).

	1961-1970	1970-1978
Afrique	0	-1,3
Asie et Extrême-Orient	0,2	0,5
Amérique latine	0,7	0,6
Proche-Orient	0,5	0,4
Tous les pays en développement	0,4	0,2
Pays en voie de développement les plus pauvres (moins de 200 \$ par habitant)	0,1	-0,1
Pays industrialisés	2,4	2,2

Source : statistiques de la FAO.

Le CRDI soutient la recherche appliquée dans l'espoir d'aider à corriger la pénible situation actuelle dans l'immédiat, et pour l'avenir, de raviver les espérances des pays les moins industrialisés d'obtenir une part plus équitable des ressources du globe. Le chapitre suivant traite des projets mis en oeuvre par des scientifiques, des technologues et des habitants ruraux dans plus de 60 pays en voie de développement et dont les recherches de soutien sont exécutées au Canada. Quelques études ont donné des résultats spectaculaires ; dans la plupart des cas, les progrès justifient la confiance témoignée à l'égard des personnes responsables de la conception et de la réalisation des projets. Dans l'ensemble, le chapitre présente les améliorations potentielles des conditions de vie des habitants ruraux défavorisés provenant d'un investissement relativement modeste dans la recherche appliquée.

Chapitre 2



Afrique

A des fins administratives et, dans une certaine mesure, pour des raisons ethnologiques et agroclimatiques, les activités du CRDI en Afrique sont classées selon les pays desservis par ses trois bureaux régionaux, soit l'EARO (Bureau régional pour l'Afrique de l'Est) à Nairobi, le WARO (Bureau régional pour l'Afrique de l'Ouest) à Dakar, et le MERO (Bureau régional pour le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord) au Caire. Le Maghreb, qui groupe le Maroc, la Tunisie et l'Algérie est associé à l'Égypte, au Soudan et aux pays en développement et à leurs voisins qui entourent l'extrémité est de la Méditerranée.

Le continent africain, y compris les pays de l'Afrique du Nord, peut être considéré comme un plateau d'une superficie de près de 30 millions de km² — le quart des terres émergées — dont les deux cinquièmes se composent de steppes ou de déserts et le tiers de savanes. Le plateau élevé, dont l'altitude varie entre 500 et 1 500 m, représente les deux tiers de l'ensemble du continent, le reste se composant essentiellement de trois grandes dépressions : le Sahara au nord, le bassin du Kalahari au sud et le bassin fluvial du Congo au centre.

Sur le plan phytogéographie, l'Afrique se compose de trois zones : la zone subtropicale septentrionale bordée au nord par la Méditerranée et fusionnant avec le Sahara dans le sud, la zone équatoriale qui se trouve en grande partie sous les tropiques, et la zone africaine méridionale. Les précipitations y varient énormément, passant d'un climat aride ou semi-aride au climat très pluvieux de la zone tropicale humide. A l'exception des principaux exportateurs de pétrole du nord et de la zone industrialisée du sud, la population rurale constitue de 80 % à 90 % de plus de 400 millions de personnes. Simultanément, un taux de croissance urbaine de plus de 5 % est parmi les plus élevés au monde. Plus de 60 % de la superficie totale cultivée d'Afrique tropicale est consacrée à l'agriculture de subsistance, même si ce continent produit le tiers des récoltes de café du monde et les trois quarts des récoltes de cacao. L'agriculture constitue 36 % du produit national brut de l'Afrique et 60 % de ses revenus d'exportations. Soixante pour cent des terres et 80 % de la main-d'oeuvre active vont aux cultures vivrières.

A quelques exceptions près, les Africains, notamment ceux des régions tropicales arides et semi-arides, sont parmi les plus défavorisés et les moins technologiquement avancés du monde. Vingt-sept des soixante-quatorze pays africains sont classés comme PGT (les plus gravement touchés), vingt comme PLMA (pays les moins avancés) et vingt-sept comme PMA (pays moins avancés). (Voir la liste des sigles et des définitions.)

Malgré la prédominance de l'agriculture de subsistance, la croissance démographique excède l'augmentation de la production des cultures vivrières, et il est prévu que d'ici à 1985, les pénuries de céréales alimentaires dans l'ensemble des pays les plus démunis atteindront près de 15 millions de tonnes. En raison du pauvre héritage scientifique et technologique légué à de nombreux pays africains par leurs anciens colonisateurs, l'Afrique est généralement le continent où il est le plus difficile d'appliquer la politique d'aide à la recherche locale du CRDI. Néanmoins, compte tenu de sa forte dépendance envers l'agriculture de subsistance, l'Afrique est le pays où se fait sentir le plus fortement la nécessité de combattre la pauvreté rurale par la recherche et le développement agricoles. Par conséquent, malgré les nombreuses difficultés connues, près de 30 % des 436 projets auxquels l'aide de la SAAN a été accordée ont été réalisés dans les pays au sud du Sahara. Près de 15 % de l'ensemble du budget de la décennie a été investi en Afrique de l'Ouest, environ 8 % ayant été appliqué à 21 projets dans les pays sahéliens du Sénégal, du Mali, de la Haute-Volta et du Niger.

La Division a donné priorité aux régions tropicales semi-arides, et certains de ses premiers projets comprenaient la mouture et l'utilisation des céréales, la sélection du sorgho et la conservation des céréales, la culture intercalaire du sorgho, l'amélioration des variétés de sorgho, d'éleusine et de pois d'Angole, tous effectués dans des pays tropicaux semi-arides africains. Avant que les sécheresses du début des années 1970 n'attirent l'attention du monde sur le Sahel, la Division avait reconnu la situation critique dans laquelle se trouvaient les peuples des régions tropicales semi-arides d'Afrique, où la détérioration des sols était aggravée par le surpâturage et (ou) les cultures excessives, le couvert végétal étant détruit et le sol étant exposé aux vents et à l'érosion pluviale, phénomènes qui, dans de nombreuses régions, semblaient irréversibles. Il a fallu faire un très grand nombre de recherches, et il faudra en faire encore beaucoup, pour encourager et former les chercheurs africains à la mise au point des systèmes culturaux plus conservateurs et méthodiques reposant sur des cultures de céréales et de légumineuses et d'autres cultures vivrières bien adaptées et acceptées.

On a également reconnu la forte dépendance envers le bois, seule source de combustible, et la nécessité d'associer les arbres à d'autres éléments de l'économie rurale pour protéger le sol et les cultures contre les vents desséchants et les tempêtes de sable, comme les matériaux servant à la construction et au clôturage, les fourrages pour les animaux et le combustible pour la cuisson et le chauffage des maisons. Il a été découvert que de nombreuses Africaines consacrent jusqu'à 10 heures par jour pour aller chercher de l'eau et du bois et pour broyer les céréales. Par conséquent, outre les recherches agronomiques sur les cultures vivrières des régions tropicales semi-arides, la Division a subventionné plus de 20 projets de boisés communaux et près de 20 projets post-production, la plupart étant liés au stockage post-récolte et à la transformation des cultures vivrières de céréales et de légumineuses. Les problèmes d'approvisionnement en eau et d'hygiène en milieu rural relèvent de la Division des Sciences de la santé (SS) du CRDI. Le tableau 2 présente le total des affectations de crédits et le nombre de projets pour chaque pays africain.

Tableau 2. Nombre de projets et total des affectations pour les pays africains.

Pays	Cultures et systèmes culturaux		Pêches		Zootéchnie		Foresterie		Systèmes post-production	
	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets
Botswana									205 (100%)	2 (100%)
Burundi	251,8 (100%)	1 (100%)								
Cameroun	546 (71%)	2 (66%)					220,5 (29%)	1 (34%)		
Congo-Brazzaville	105 (100%)	1 (100%)								
Éthiopie	2 227 (90%)	7 (78%)			150 (6%)	1 (11%)			108,3 (4%)	1 (11%)
Ghana			527,1 (45%)	1 (14%)			347,3 (30%)	2 (29%)	284,5 (25%)	4 (57%)
Haute-Volta	734,4 (80%)	3 (60%)							187,3 (20%)	2 (40%)
Kenya	804,7 (17%)	5 (28%)	197,1 (4%)	1 (6%)	1 440 (31%)	4 (22%)	2 140 (46%)	6 (33%)	72,4 (2%)	2 (11%)
Malawi							203 (100%)	1 (100%)		
Mali	700 (49%)	2 (25%)					504,6 (35%)	3 (37,5%)	216,4 (16%)	3 (37,5%)
Mozambique	271,3 (100%)	1 (100%)								
Niger	153 (28%)	1 (25%)					306,2 (57%)	2 (50%)	80,7 (15%)	1 (25%)

Nigeria	565,2 (29%)	3 (25%)			283,2 (14%)	2 (17%)	821,9 (41%)	4 (33%)	323,3 (16%)	3 (25%)
Rwanda	197 (42%)	1 (50%)	276,1 (58%)	1 (50%)						
Sénégal	2 558,6 (67%)	5 (46%)					709 (19%)	3 (27%)	542,1 (14%)	3 (27%)
Sierra Leone	126 (19%)	1 (16%)	321,8 (48%)	2 (34%)					228,2 (33%)	3 (50%)
Somalie	276,9 (100%)	1 (100%)								
Swaziland	143,4 (95%)	1 (50%)							7 (5%)	1 (50%)
Tanzanie	123,7 (73%)	5 (56%)					238,2 (14%)	2 (22%)	212 (13%)	2 (22%)
Togo	53,4 (22%)	1 (50%)	190,1 (78%)	1 (50%)						
Uganda	882,4 (100%)	5 (100%)								
Zambie									101 (100%)	1 (100%)

Recherches sur les cultures

Dix-sept pays africains ont reçu plus de 25 % des projets et des affectations de crédits pour les recherches sur les cultures. Dès le début, on a donné priorité au sorgho, au mil perlé et, par la suite, aux légumineuses résistant à la sécheresse cultivées par les petits agriculteurs de l'Afrique de l'Est, de l'Ouest et du Nord ainsi que du Moyen-Orient. Le directeur adjoint faisait partie de la mission qui a jeté les bases de l'Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), et il a dirigé l'équipe qui a établi le premier programme de collaboration de l'ICRISAT avec l'Afrique.

Le sorgho

Le projet éthiopien d'amélioration des variétés de sorgho, qui a commencé en 1972, est l'un des meilleurs exemples de la volonté des fondateurs du CRDI d'aider les recherches déterminées par les autochtones eux-mêmes. Le sorgho est une espèce véritablement indigène de l'Éthiopie et est cultivé sur au moins 1 million d'hectares par des petits exploitants, à des altitudes allant du niveau de la mer à plus de 2 500 m. L'Éthiopie est le berceau de nombreuses variétés de sorgho sauvage et cultivé, qui sont utilisées dans le programme national d'amélioration génétique et de sélection et qui sont distribuées aux producteurs de sorgho dans le monde entier.

La première phase du projet a débuté modestement au Collège d'agriculture Alemaya de l'Université d'Addis Abeba. Par la suite, malgré de nombreux obstacles politiques et autres, le projet a prospéré pour devenir le Programme national éthiopien d'amélioration du sorgho. La recherche a débuté par une sélection par élimination du matériel génétique de sorgho et par le croisement des variétés supérieures mieux adaptées aux hauts-plateaux de l'Éthiopie. Par la suite, les recherches ont été étendues aux variétés adaptées aux conditions des basses-terres et des hauts-plateaux, ce qui a entraîné une sélection par élimination à grande échelle du matériel génétique indigène, d'autres programmes de sélection de sorgho, des essais agronomiques et pratiques complets, des études pré- et post-production de même que des recherches sur sa qualité culinaire.

Plus récemment, le projet a cherché des variétés de sorgho résistantes à *Striga*, la plante adventice qui cause de graves dommages à ces cultures. Le programme de production est maintenant intégré à la recherche sur la mouture et l'utilisation du sorgho appelé par la suite activités relatives aux systèmes post-production. Au total, plus de 5 000 variétés de sorgho indigènes ont été classées pour former une collection qui montre sa grande diversité génétique. La découverte d'une variété de sorgho éthiopienne à forte teneur en lysine génétiquement contrôlée a une importance nutritive potentielle qui n'est pas encore exploitée. Malheureusement, cette variété à forte teneur en lysine a des grains d'une qualité inférieure et les phytosélectionneurs n'ont pu associer cette caractéristique aux propriétés souhaitables d'un grain charnu.

Lorsque les recherches ont débuté, les rendements moyens d'un champ de sorgho étaient de moins d'une tonne par hectare. Le projet a mis au point

des cultivars, maintenant distribués aux agriculteurs, qui ont un rendement de trois à quatre t/ha et des hybrides récemment mis au point qui donnent de sept à huit t/ha dans les conditions pluvieuses des basses-terres. Des semences de variétés de sorgho d'un rendement possible de 8 t/ha dans les conditions pluvieuses des hauts-plateaux sont actuellement multipliées par la Société des semences d'Éthiopie.

La création du Programme national éthiopien d'amélioration du sorgho, organisme semi-autonome, a été encore peut-être plus importante quant aux incidences sur le développement et les réalisations techniques du projet. Outre ses activités de recherche, de mise au point et de démonstration, le Programme entretient d'étroits contacts internationaux avec l'ICRISAT et d'autres programmes nationaux d'amélioration génétique du sorgho avec lesquels il échange du matériel génétique, ainsi qu'avec l'Institut d'alimentation d'Éthiopie afin d'assurer l'introduction des qualités nutritives satisfaisantes aux propriétés agronomiques souhaitables.

Les progrès des deux projets d'amélioration des cultures semi-arides en Ouganda ont été également satisfaisants, mais pour des raisons différentes : le premier se déroulait à l'Université de Makerere et l'autre dans une ancienne station de recherche d'une agglomération est-africaine située à Serere. Malgré des crises internes et le départ de la plupart des conseillers étrangers et des donateurs bilatéraux, le CRDI a continué d'aider les jeunes chercheurs ougandais. La confiance que le Centre a accordée à ces jeunes gens dévoués a été amplement justifiée. Dans un milieu agité et troublé, ils ont non seulement continué de réaliser des progrès techniques satisfaisants mais ont également réussi à justifier les ressources versées par le CRDI pendant la longue période où les conditions politiques ont empêché le personnel du Centre de visiter le projet. Probablement en raison de la relation unique entre la SAAN et les agronomes de l'Ouganda, le gouvernement de ce pays a invité le CRDI à envoyer une mission pour définir les priorités immédiates et futures en matière de recherches agricoles.

Le projet de Serere, maintenant géré par le nouveau gouvernement ougandais, a tout d'abord poursuivi les travaux d'amélioration génétique et de sélection de cultivars de sorgho résistants aux attaques des oiseaux, aux maladies des feuilles, aux plantes adventices et aux attaques de la mouche de la tige de sorgho. Par la suite, l'équipe de recherche a travaillé à l'amélioration de l'éleusine (*Eleusine coracana*), graminée alimentaire qui vient probablement de la région de l'Ouganda et est toujours largement cultivée à des altitudes allant de 1 000 à 2 000 m. Étant donné que les méthodes traditionnelles ne donnent que de 600 à 1 800 kg/ha, l'accent a été mis, à Serere, sur la sélection et la gestion agronomiques, en vue de l'obtention de rendements supérieurs et plus stables, de grains blancs résistants aux maladies prédominantes et à l'identification des lignées de mâles stériles pour permettre l'hybridation. Dans le cadre de ce projet, du matériel génétique a été transmis à plusieurs pays d'Afrique.

Le projet de l'Université de Makerere a été complémentaire, car il s'est attaché à la régulation physiologique des qualités souhaitables du sorgho et de l'éleusine, de même qu'à la recherche en vue d'améliorer les méthodes traditionnelles de culture intercalaire qui associent le sorgho, l'éleusine et le



Cueillette de sorgho pour les analyses du CNRA au Sénégal.

pois d'Angole. La majeure partie des recherches, qui comportaient des essais sur les systèmes culturaux dans la ferme universitaire et dans de petites exploitations ougandaises ont été effectuées par des étudiants diplômés poursuivant leurs études en vue de l'obtention d'un grade supérieur. Depuis 1972, les deux projets ougandais ont été dirigés entièrement par des chercheurs autochtones.

Un projet d'amélioration du sorgho, qui a débuté au Sénégal en 1972, est intéressant à plusieurs égards. Au début, nul Africain de l'Ouest n'avait la formation voulue pour diriger le projet ; en fait, la plupart des directeurs de projet du Centre national de recherches agronomiques (CNRA) étaient des ressortissants français. A la demande du Sénégal, le CRDI a envoyé un phytosélectionneur haïtien à titre de conseiller scientifique du programme d'amélioration du sorgho du CNRA, tout en prenant des dispositions, pendant la durée des projets, pour que quatorze francophones de l'Afrique de l'Ouest obtiennent des grades supérieurs dans divers domaines scientifiques agricoles, recevant leur formation à l'université Laval et effectuant leurs recherches de thèse au CNRA.

Le projet a notamment permis d'obtenir des génotypes de sorgho à rendement élevé et à grains de bonne qualité qui arrivent à maturité en moins de 100 jours, pouvant être récoltés avant la fin de la saison des pluies. Après la récolte, la terre peut être relabourée pendant qu'elle est encore humide. L'ensemencement se fait immédiatement après les premières pluies en vue de profiter de l'élimination de l'azote du sol par les pluies. Les récoltes qui ont lieu avant la fin de la saison des pluies ont une forte teneur en humidité, et les phytosélectionneurs ont ainsi allié une maturation rapide à une certaine résistance aux infections fongiques.

Dans d'autres régions du pays, des variétés de sorgho qui arrivent à maturité en moins de 120 jours et ont un rendement possible de 6 à 8 t/ha ont été mises au point et à l'essai dans six sous-stations de recherche et distribuées à plus de 120 petits exploitants pour des essais sur le terrain. Le projet, qui est maintenant dirigé par des chercheurs sénégalais formés pendant la première phase, est intégré à un projet de recherche post-récolte dont nous reparlerons plus tard.

Les variétés de sorgho à rendement élevé sont maintenant essayées sur le terrain par des petits agriculteurs du sud du Sénégal. On pourra ainsi comparer la productivité des méthodes agronomiques améliorées avec celle des systèmes traditionnels.

Un projet d'amélioration du sorgho a récemment débuté en Somalie, pays où le revenu annuel moyen par habitant est inférieur à 250 \$, où plus de 80 % de la population dépend de l'agriculture et où seulement 13 % des terres sont cultivables. Le sorgho est cultivé sur environ la moitié des terres ; les rendements moyens sont légèrement supérieurs à 1/3 de t/ha. L'insuffisance chronique de l'approvisionnement en vivres de subsistance a été fort aggravée par l'important afflux d'immigrants éthiopiens. L'Institut de recherches en agriculture de Somalie a demandé l'aide du CRDI pour introduire dans les petites exploitations des systèmes culturaux qui augmenteraient les rendements des récoltes de sorgho. On croit qu'une bonne partie de l'expérience acquise dans le cadre du projet éthiopien de sorgho profitera à la Somalie.

Plantes adventices Des mauvaises herbes du genre *Striga* causent des dommages étendus au sorgho, au mil, au maïs et à d'autres cultures d'Afrique, entraînant des pertes de plus de 50 % sur les terres gravement infestées. Chaque *Striga* disperse des millions de petites graines qui restent inactives dans le sol jusqu'à ce qu'elles soient stimulées par l'exsudat racinaire du sorgho ou d'une autre plante-hôte qui entraîne leur germination. Après avoir germé, *Striga* se fixe au plant du sorgho et s'y développe en parasite, affaiblissant ainsi l'hôte et diminuant la matière végétale qu'il produit. En vertu d'un contrat du CRDI, des chercheurs tanzaniens et iraniens (un règlement phytosanitaire interdit l'importation de *Striga* au Canada) ont synthétisé à l'Université de Sussex, des composés imitant l'exsudat racinaire qui ont fait germer *Striga* en laboratoire. Le potentiel de cette découverte est remarquable, la germination des graines de *Striga* étant induite à des concentrations de 1 par 10¹².

En Haute-Volta, des chercheurs, en collaboration avec l'ICRISAT, traitent des sols infestés de *Striga* avec le stimulant synthétique avant la plantation de sorgho, ce qui entraîne la croissance de cette plante adventice qui meurt en l'absence d'une plante-hôte. Il est à souligner que même si les stimulants synthétiques agissent efficacement dans certaines conditions, il en reste beaucoup à apprendre sur leur interaction avec des sols et des environnements différents. Outre le contrôle par la germination induite, les agronomes et les spécialistes des mauvaises herbes de Kamboïse étudient d'autres herbicides, sélectionnent des variétés de sorgho et de millet à faible exsudat racinaire et résistantes à *Striga*, de même que des méthodes agronomiques qui élimineraient ou minimiseraient les pertes causées par ce parasite. Des essais tenant compte de tous ces facteurs sont actuellement en

cours en plusieurs endroits présentant des environnements différents. Les recherches ont déjà mis en lumière l'énorme complexité de la sensibilité et de la résistance à *Striga*, les différences marquées étant évidentes à des latitudes strictement différentes. Au-dessus de 13° de latitude N, le mil perlé est très vulnérable, le sorgho étant relativement peu atteint. Entre 12° et 13°, le sorgho et le mil semblent également sensibles. C'est à près de 12° que le sorgho est le plus vulnérable ; de 10 à 12°, le sorgho et le mil sont atteints mais par des lignées différentes de *Striga*.

Un autre important ennemi du sorgho est la mouche de la tige (*Atherigona soccata*). Compte tenu du fait que la plupart des producteurs de sorgho des pays en développement sont des petits fermiers pratiquant l'agriculture de subsistance qui n'ont pas les moyens de lutter contre les déprédateurs avec des produits chimiques et par la vaporisation, la meilleure méthode pour réduire les pertes est de sélectionner des cultivars résistants à ces déprédateurs. Ces travaux ont été entrepris dans le cadre du programme de l'ICRISAT et, parallèlement à ces efforts, la Division subventionnée des recherches fondamentales au Centre international sur la physiologie et l'écologie des insectes, (ICIPE), où des chercheurs étudient le comportement de l'insecte et les facteurs écologiques qui influencent la dynamique de sa population. La résistance à la mouche de la tige apparaît de plusieurs façons. Certaines variétés de sorgho produisent une antibiose, et des essais ont été faits en vue d'isoler et d'identifier les substances chimiques agissantes. D'autres variétés font preuve d'une capacité de régénération à la suite d'une attaque, phénomène analogue à la survie à la sécheresse qui pourrait provenir d'une régulation hormonale.

L'Institut de recherches agricoles du Rwanda cherche à mettre au point de meilleures méthodes de production du sorgho, du triticale et du tournesol en plusieurs endroits caractéristiques de son environnement agroécologique très varié. Les essais agronomiques détermineront à quelles conditions ces cultures sont les mieux adaptées.

Le triticale

Grâce au succès obtenu par le Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) et l'Université du Manitoba, on a tenté d'établir la culture du triticale en Éthiopie et au Kenya. Dans ces deux pays, l'hybride triticale a démontré qu'il a des propriétés agronomiques adaptées aux conditions adverses, y compris les sols pauvres sablonneux et acides et une résistance à la maladie des stries et à la rouille des tiges. En raison de sa résistance supérieure à la maladie pendant une année défavorable aux cultures, les récoltes de triticale en plusieurs endroits du Kenya atteignaient presque le double du blé. Malheureusement, même si des essais de mouture et de transformation en laboratoire et des études à petite échelle de son acceptation par le consommateur révèlent que le triticale peut remplacer les céréales utilisées depuis longtemps pour la préparation d'aliments largement consommés, le fait qu'il soit mal connu de la plupart des consommateurs ruraux et des petits exploitants en freine l'adoption comme céréale alimentaire. Les travaux sur l'utilisation du triticale au Collège Egerton à Njoro, au Kenya, se sont attachés à la création de recettes. Quelques études de l'acceptation du mandazi de triticale (beignets) par les consommateurs

ont été effectuées sur le campus à l'aide d'un questionnaire simplifié n'exigeant qu'une seule réponse. Plus de 100 personnes ont répondu que les mandazis faits entièrement de triticales étaient " aussi bons " que les mandazis de blé ou " identiques " à ceux-ci. Cet accueil positif et les études destinées à la mise au point de recettes révèlent que la farine de triticales décortiquée peut être incorporée à des recettes de cuisine familiale.

Le riz

Quoique ayant une importance économique générale supérieure dans les zones très pluvieuses d'Asie, le riz est fort recherché dans de nombreux pays africains où les importations annuelles coûtent près de 150 millions de dollars. En grande partie grâce aux efforts de l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) que le CRDI a subventionnés pendant plusieurs années, la production annuelle de riz en Afrique de l'Ouest est passée de 1,8 à plus de 2,5 millions de tonnes pendant la dernière décennie. Les régions d'Afrique de l'Ouest favorables à la riziculture comprennent notamment des zones très pluvieuses et certains sols des régions tropicales semi-arides, qui peuvent être irrigués par des lacs ou des rivières. Quatorze nations de l'Afrique de l'Ouest participent aux activités de l'ADRAO, qui tend à rendre l'Afrique de l'Ouest autosuffisante dans ce domaine.

Un projet dirigé par l'ADRAO, l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique, et visant à améliorer les systèmes de production et de riziculture dans les petites exploitations d'Afrique de l'Ouest a son siège à Fanaye au bord du Sénégal. Pendant de nombreux siècles, le fleuve a charrié et déposé à Fanaye des sédiments de tous les sols se trouvant le long de son cours. Par conséquent, la station de Fanaye comporte une vaste gamme de sols, représentatifs de la quasi-totalité de la vallée du Sénégal. Cette variété va des vertisols renfermant 70 % d'argile aux sols alluviaux " fonde " contenant 20 % d'argile, avec d'autres sols intermédiaires entre ces deux extrêmes.

Pendant la première phase, le CRDI a subventionné l'aménagement des installations de gestion des terres et des eaux du site expérimental, tandis que l'ACDI a fourni les fonds pour les installations d'hébergement et les biens de production essentiels. On a depuis identifié des cultivars de riz hâtifs donnant une production de plus de 7 t/ha, qui sont tolérants aux faibles températures et résistants aux principaux déprédateurs et maladies. On a réussi à mieux déterminer les sols optimaux, les engrais et les systèmes de gestion des eaux convenant aux divers sols et types de riz.

Des travaux sont actuellement en cours pour trouver des cultivars et méthodes agronomiques appropriés à chacune des trois saisons de culture possible : la saison pluvieuse et chaude, où le riz est semé entre juin et août et récolté entre octobre et décembre ; la saison sèche et froide, où l'ensemencement se fait en novembre, et la récolte de mars à mai ; la saison sèche et chaude, où le riz est semé en février et récolté en juin ou juillet.

A mesure que des progrès sont accomplis à la station principale, des essais sont effectués en plusieurs endroits dans des sous-stations situées au Sénégal, en Mauritanie et au Mali. Des études agroéconomiques des

méthodes culturales actuelles fournissent des données de base permettant de juger des avantages engendrés par la mise au point de cultivars améliorés de riz et de systèmes de riziculture plus productifs sur les petites exploitations.

Le niébé

En collaboration avec l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), le centre subventionne un réseau de projets d'amélioration du niébé dans plusieurs pays de l'Afrique occidentale. En Haute-Volta, l'amélioration génétique et la sélection du niébé a permis d'identifier des variétés résistantes aux principaux insectes déprédateurs, y compris les aphidés, les thrips, les suceurs de cosses et les bruchidés. Étant donné que le niébé, tout comme les autres légumineuses alimentaires, transporte ses insectes déprédateurs du champ au magasin, le projet de sélection est effectué au même endroit que le projet de stockage du niébé décrit plus loin. L'équipe de Kamboinse étudie actuellement les variétés sensibles et insensibles à la photopériode. La plupart des variétés locales sont photosensibles et ont toujours été récoltées avec le sorgho et le mil immédiatement après les premières pluies. En croisant des variétés photosensibles et photo-insensibles, les populations ségréguées produisent diverses variétés de plantes qui fleurissent à différentes périodes et atteignent la maturité à des vitesses différentes. En les sélectionnant, on pourra réaliser une adaptation à différents types de culture. Des études agronomiques sont actuellement en cours pour obtenir des systèmes de culture intercalaire fiables dans les régions très pluvieuses et des systèmes de culture intercalaire mixte pour les régions peu pluvieuses plus au nord. Les précipitations moyennes en Haute-Volta vont de plus de 1 300 mm dans le sud à moins de 400 mm dans le nord. Toutes les régions ont besoin de systèmes agronomiques adéquats et de systèmes culturaux du niébé. Les éleveurs de bétail de l'Afrique de l'Ouest sont également intéressés au niébé comme fourrage. Le rendement d'une lignée particulière a été d'environ 38 tonnes de matières végétales vertes par hectare.

Pour cette raison, les recherches sont effectuées dans trois stations différentes, chacune d'elles représentant un régime de précipitations. Comme nous le décrivons plus loin, les études de fertilité du sol exploreront les avantages de la transformation de phosphate rocheux indigène sur les principaux sols déficients en phosphore. On croit que la capacité de fixation de l'azote du niébé associée au phosphate rocheux aidera à remédier aux deux principales déficiences des sols. Les teneurs en azote et en phosphore des sols sont actuellement déterminées après différentes périodes de culture. Le projet de Haute-Volta a fait l'objet d'un film intitulé " Une mine de protéines ". Ce documentaire produit par la Division des communications du CRDI est aujourd'hui largement utilisé à des fins de formation.

Un deuxième projet voltaïque sur les légumineuses se déroulant à l'Université de Ouagadougou examine la résistance du niébé aux attaques des coléoptères de la famille des bruchidés. Dans le cadre de ce projet, une formation est dispensée aux diplômés autochtones qui effectuent des recherches sur la biologie et l'écologie des bruchidés, les relations plantes-insectes et l'efficacité relative des méthodes traditionnelles et modernes de



Récolte de niébé — expérimentations en Haute-Volta.

protection des plantes et d'élimination des déprédateurs. Des projets d'amélioration du niébé ayant des objectifs similaires sont subventionnés au Niger, au Mali et en Sierra Leone où, en plus du programme de formation de jeunes chercheurs diplômés, on étudie la monoculture des cultivars de niébé et leur culture intercalaire avec des céréales et autres récoltes alimentaires.

Un projet est effectué au Niger par l'IITA en collaboration avec l'Agence météorologique agro-hydrologique. Son objectif est d'identifier et de quantifier les propriétés du niébé qui lui donnent une tolérance à la sécheresse et d'effectuer des recherches sur les facteurs écologiques s'appliquant à la disponibilité et à la gestion optimale des eaux dans les régions semi-arides, productrices de niébé.

À Sotuba, au Mali, on procède actuellement à la constitution d'une intéressante collection de variétés de niébé du Mali, des pays voisins et des

pays membres de l'IITA. L'amélioration génétique et la sélection cherchent à obtenir des rendements élevés de variétés à gros grains blancs qui sont les mieux acceptées par les consommateurs locaux. Les systèmes de culture intercalaire et alternée sont actuellement étudiés à l'aide de variétés de niébé de cycles végétatifs divers, plantées à diverses périodes après l'ensemencement du maïs et d'autres céréales. Outre l'influence des variations agronomiques sur la productivité et la fertilité résiduelles du sol, un spécialiste en sciences domestiques porte une attention spéciale aux caractéristiques physiques essentielles qui influencent la qualité culinaire et l'accueil du consommateur.

Le pois d'Angole

En Afrique de l'Est, le pois d'Angole est parmi les cultures vivrières, l'une des plus résistantes à la sécheresse, et, en période de sécheresse extrême dans les zones semi-arides constituant 80 % des terres du Kenya, il est souvent la seule récolte qui survive. Les chercheurs de l'Université de Nairobi effectuent une étude détaillée des variétés indigènes et exotiques de pois d'Angole. Le projet associe des études d'agronomie et de phytosélection conventionnelles à des recherches physiologiques de base sur le potentiel de rendement des céréales, les taux de transpiration et les modes de croissance racinaire chez les génotypes. Les résultats montrent des différences génotypiques significatives de résistance aux taches foliaires, aux insectes perforant les cosses, aux thrips et à d'autres ennemis et maladies. Des études ont été effectuées dans des stations de recherches et des exploitations situées à des endroits différents et à des altitudes allant jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Même si les recherches peuvent prendre du temps à donner des résultats profitables aux exploitants locaux, la démonstration de variétés améliorées est faite aux agriculteurs et les progrès généraux accomplis sous la seule direction d'Africains révèlent un fort niveau de compétence. Le programme de formation incorporé fournira une équipe de chercheurs qui pourront étendre les recherches sur les légumineuses alimentaires et les systèmes culturaux dans l'avenir.

Amélioration des oléagineux

Récemment, au campus de Morogoro de l'Université de Dar-es-Salaam et à l'Universidad Eduardo Mondlane à Maputo au Mozambique, des projets connexes ont été mis sur pied pour augmenter la production d'arachides des petites exploitations pour la consommation locale. Le projet tanzanien porte sur les fèves soja et les pois bambara, les objectifs étant d'augmenter et de stabiliser les rendements, de sélectionner des variétés offrant une huile hautement comestible et une teneur élevée en protéines associées à une tolérance aux prédateurs, aux maladies et autres ennemis de ces plantes.

L'amélioration des graines oléagineuses est un projet récent en Éthiopie dans le cadre duquel cinq cultures dont les graines du Niger, le lin, le colza, la moutarde et le tournesol, seront soumises à des essais d'amélioration génétique, de sélection et d'agronomie dans quatre sites principaux et sept secondaires, représentatifs des conditions agroclimatiques diverses du pays. Les chercheurs éthiopiens espèrent augmenter les rendements et la teneur en huile de ces oléagineux, et sélectionner des cultivars résistants aux

maladies, adaptables aux diverses zones climatiques et différences saisonnières prévalant sur les hauts-plateaux d'Éthiopie.

Un conseiller de recherches sera attaché au réseau pour assurer la distribution de matériel génétique supérieur et des échanges continus des résultats de recherches et de l'expérience acquise entre tous les projets d'oléagineux financés par le CRDI en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie du Sud. Le conseiller offrira un service précieux et essentiel, puisqu'il n'existe aucun centre international de recherches agricoles chargé de la plupart des cultures d'oléagineux importants.

Culture intercalaire

Par tradition, les petits exploitants africains cultivent plus d'une récolte par année, d'où la progression des recherches sur les systèmes culturaux dans plusieurs pays. À Morogoro en Tanzanie, les résultats des études des cultures intercalaires qui comprenaient des cultivars améliorés de sorgho ont soulevé l'enthousiasme du Président et du Premier ministre. Tout aussi important, sinon davantage, le programme de formation a doté la jeune Faculté d'agriculture d'une équipe de chercheurs capables de travailler ensemble à la recherche appliquée et à des projets de démonstration au profit de l'économie rurale de Tanzanie.

Pour raffermir davantage cette compétence, un projet plus ambitieux portant sur les systèmes agricoles a été mis sur pied ; dans le cadre de ce projet, l'Université étudiera les méthodes agricoles actuelles chez les petits exploitants de deux zones : 1) une région montagneuse s'étendant de 500 à 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer et 2) une région de basses-terres. À la suite d'un relevé des systèmes agricoles traditionnels, des cultivars améliorés et des systèmes culturaux qui, croit-on, utiliseront moins de terres et de main-d'oeuvre seront graduellement introduits en collaboration avec les exploitants. Dans la zone 1), les cultures comprendront notamment les légumes et les tubercules alimentaires et dans la zone 2), le sorgho, le maïs, le pois du Cap, le pois d'Angole, le soja, le tournesol et le sésame. Une attention toute particulière sera portée à la gestion des eaux, compte tenu du fait que le modèle bimodal des précipitations est imprévisible et souvent inadéquat sur le plan agronomique.

À l'Université de Nairobi, les agronomes, les diplômés et les étudiants du niveau secondaire étudieront et noteront l'influence de la rotation de diverses cultures sur le mode de croissance et le rendement du maïs. À la station de recherches du ministère de l'Agriculture du Burundi, des lignées locales et exotiques de maïs et certaines légumineuses alimentaires sont actuellement à l'étude en collaboration avec les exploitants locaux.

À l'Université de Bénin au Togo, divers cultivars de plusieurs cultures vivrières, dont le maïs, le manioc, le niébé et les tomates, cultivés selon différents modes de rotation et de culture intercalaire, font actuellement l'objet d'une étude. Les effets sur la fertilité des sols des résidus agricoles, des engrais animaux et des phosphates rocheux transformés avec et sans irrigation supplémentaire ont également été inclus.

Les études sur les cultures intercalaires effectuées à l'Université du Swaziland portaient notamment sur le maïs, le sorgho, le niébé, la fève de

Lima, le pois du Cap, le mungo, l'arachide, la patate douce, la citrouille et le coton. Les rotations multiples de culture et la gestion des résidus de récolte sont également examinées. Le personnel du projet a établi de bonnes relations de travail avec les exploitants et le ministère de l'Agriculture.

A l'ONAREST, Office national de la recherche scientifique et technique du Cameroun, des recherches agronomiques sont en cours en vue d'augmenter la productivité du plantain et sa résistance aux maladies et aux ennemis et d'améliorer le système local de commercialisation de ce parent pauvre de la banane, important mais négligé. Le bon prix que touche le



Chercheur examinant des capsules de sésame dans le cadre d'un projet sur l'amélioration des oléagineux réalisé en Tanzanie.

projet pour le matériel de reproduction du plantain, qui peut être planté en association avec des arachides et d'autres cultures, est une preuve du potentiel important de ce marché local.

Le manioc et autres tubercules alimentaires

La Division, en collaboration avec l'IITA, a subventionné un certain nombre de projets portant sur le manioc et d'autres tubercules alimentaires d'Afrique, y compris l'igname, le taro et la patate douce. Des chercheurs de l'Institut de recherches agricoles et forestières du Cameroun ont croisé du matériel génétique de manioc provenant de l'IITA avec des variétés locales et étudient actuellement le mode de propagation des maladies chez ces nouveaux cultivars lorsqu'ils sont cultivés en association avec le maïs, le niébé, la patate douce et le taro. Les programmes d'amélioration génétique et de sélection actuellement en cours portent sur l'igname et la patate douce.

Au Zanzibar, les chercheurs du ministère de l'Agriculture et des Terres ont sélectionné du matériel génétique de manioc local et de l'IITA résistant à l'acarien, à la mosaïque et à la tacheture foliaire, et des lignées prometteuses ont été multipliées et distribuées aux exploitants. Les travaux se poursuivent pour introduire un moyen de lutte biologique contre l'acarien du manioc en collaboration avec le CIBC. Un projet similaire a récemment été mis sur pied au Congo-Brazzaville.

En raison de la lutte phytosanitaire inadéquate, le manioc importé d'Amérique latine dans plusieurs pays africains était infesté d'un déprédateur grave, la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti*). Ce déprédateur entraîne une défoliation étendue, une fanaison et souvent une destruction totale. Dans son milieu naturel d'Amérique latine, la population de cochenilles est contrôlée par des parasites et des prédateurs naturels, mais puisqu'aucun d'eux ne semble avoir accompagné le déprédateur pendant sa migration intercontinentale, la cochenille prolifère et cause beaucoup de dégâts au manioc en Afrique. Afin d'introduire des méthodes efficaces de lutte biologique en Afrique, la biologie et l'écologie de la cochenille font actuellement l'objet d'une étude de même que l'identification, la reproduction contrôlée et la distribution dans les plantations de manioc d'Afrique de déprédateurs naturels identifiés qui freinent la prolifération de la cochenille en Amérique latine. Des populations de déprédateurs connus sont conservées en laboratoire par le CIBC, Institut du Commonwealth pour la lutte biologique et distribuées pour des essais sur le terrain à des collaborateurs au Nigeria, au Congo-Brazzaville et dans d'autres territoires africains touchés.

Production vivrière

La Division de la recherche sur les systèmes de production rurale de l'Institut d'économie rurale du Mali participe à un étrange projet dans le sud du pays. Bien que la région où se déroule le projet soit l'une des zones les plus pluvieuses (env. 1 300 mm/an), elle est néanmoins habitée par des familles fort démunies qui cultivent de petites superficies relativement arides. Bien que la majorité soit très pauvre, le niveau de technologie agricole, la productivité des récoltes et le revenu familial varient énormément, et le projet a réparti ses efforts entre trois catégories des villages. Dans la première catégorie regroupant les exploitants les plus prospères et éta-

blis depuis le plus longtemps, environ 80 % disposent d'instruments aratoires à traction animale ; dans la seconde catégorie, seule la moitié des exploitations possèdent du matériel agricole ; et 90 % ou plus de la troisième catégorie sont des exploitations où se pratique la culture manuelle. Bon nombre des exploitants, notamment les plus prospères, cultivent le coton comme culture commerciale ; ils cultivent tous des graminées alimentaires tel le sorgho, le millet perlé, le maïs et le riz pluvial, certaines légumineuses, en majeure partie le pois d'Angole, l'arachide et une petite quantité de légumes, d'épices et d'herbes aromatiques.

Ce projet a pour objet d'augmenter la production des cultures, et il a débuté par une étude typologique détaillée qui a permis de classer les habitants et les familles agricoles selon leurs revenus, leur consommation, les superficies cultivées à diverses fins, leurs activités pendant toute l'année, la nature et la quantité de leurs ressources, y compris le matériel agricole, les animaux et les facteurs limitant les possibilités d'accroître leurs rendements et leurs revenus. Les exploitants les plus progressifs ont déjà fait savoir qu'ils sont disposés à accepter les améliorations en adoptant des systèmes plus efficaces de production du coton dont les récoltes se situent maintenant entre 1,3 et 2 tonnes par hectare. Au contraire, dans les villages les plus pauvres, les récoltes de céréales sont de l'ordre de 500 kg/ha.

À l'heure actuelle, après égrenage, une grande partie de la production est donnée en nourriture aux animaux dont le fumier est utilisé comme engrais dans les champs. Avec la demande croissante des huileries maliennes, il sera nécessaire de trouver d'autres aliments pour les animaux, aussi, le projet comporte-t-il des études sur l'amélioration des cultures fourragères et l'utilisation d'autres sous-produits agricoles. Par conséquent, les recherches futures s'attacheront à l'amélioration des systèmes de culture fourragère et de production animale, à la transformation et à l'utilisation des céréales menant, espère-t-on, à l'introduction de la culture d'arbres fruitiers. On prévoit que l'expérience acquise dans le domaine de la simple mécanisation du pressage du beurre de karité, de la transformation et de l'utilisation du sorgho, du mil et du pois d'Angole dont nous parlerons plus loin sera avantageuse pour la collectivité du Mali qui collabore au présent projet de recherche.

Bien que les précipitations faibles et incertaines constituent le plus grand obstacle à l'augmentation de la production en Afrique, l'infertilité du sol reste également un facteur majeur. De nombreux sols des régions tropicales semi-arides manquent de phosphore et la fabrication d'engrais chimiques à base de phosphate est partout inadéquate ou inexistante dans bon nombre de pays. Il existe dans l'ensemble de la région de nombreux dépôts rocheux phosphatés qui ne peuvent être utilisés tels quels, le phosphore lié chimiquement étant relativement insoluble. Comme le décrit le projet subventionné conjointement par le Centre international de développement des engrais (IFDC) et le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) d'Amérique latine, il est possible, par des méthodes mécaniques et chimiques relativement simples, d'augmenter la solubilité et la disponibilité du phosphore de divers types de roches phosphatées, les rendant ainsi utilisables comme engrais dans les sols carencés. En collaboration avec le gouvernement du Mali, l'IFDC effectuera des essais de fertilité sur des sols sahéliens

déficients en phosphore en utilisant des phosphates bruts locaux transformés par des méthodes qui se sont avérées efficaces en Amérique latine.

Recherche sur les systèmes post-production

La recherche sur la post-production a été plus étroitement intégrée à la production de cultures en Afrique que dans tout autre continent. Le premier projet post-production, malgré la lenteur de sa gestation et de la réalisation de ses objectifs, a servi de guide à de nombreuses activités ultérieures. Le ministère de l'Agriculture du Nigeria a, depuis longtemps, reconnu la nécessité que les petits moulins ruraux puissent moulinier plusieurs céréales et légumineuses cultivées localement. Un grand nombre de femmes des secteurs ruraux des TSA d'Afrique occidentale consacrent quatre heures ou plus par jour à piler manuellement le grain, d'abord pour le débarrasser de la balle, puis pour réduire le reste de l'endosperme en une farine grossière ou fine. Il n'est ni techniquement ni économiquement possible d'expédier les céréales cultivées dans le nord du Nigeria aux minoteries portuaires de la côte sud, d'abord en raison du coût prohibitif du transport des céréales vers le sud et du retour au nord des produits moulus, ensuite parce que les grains des céréales et des légumineuses varient considérablement en grosseur et en forme et ne peuvent être traités dans des établissements de décorticage et de mouture conçus pour du blé importé classé d'une taille précise. Le gouvernement du Nigeria a reconnu le besoin de créer des petits moulins, de conception simple, pouvant traiter le sorgho, le mil, le maïs et le niébé en quantités suffisantes pour répondre aux besoins des agglomérations rurales moyennes situées près des exploitations agricoles et des débouchés des produits finis. L'aide fournie par le CRDI et les détails des résultats du projet ont fait l'objet d'une publication du CRDI et d'un film intitulé " L'adieu au pilon ".

Quelques observateurs ont décrit le projet comme un transfert de technologie. Or c'est précisément ce qu'il n'est pas. A partir de certains principes de base, étudiés dans un esprit de collaboration par le LRP, Laboratoire régional des Prairies du Canada, et des technologues du nord du Nigeria, une nouvelle technologie capable de satisfaire à une demande locale précise et adaptée aux conditions du milieu a été mise au point et appliquée au Nigeria.

Le projet a débuté par une étude de marché à laquelle ont participé plus de 1 000 ménages de Maiduguri, ville du nord du pays, et qui visait à déterminer la quantité et les types de produits moulus recherchés et leur usage. A l'aide des résultats de l'étude des consommateurs, effectuée par des animatrices en milieu rural et des étudiantes en économie domestique, les produits moulus désirés ainsi que la capacité et la conception de base du moulin nécessaire ont été déterminés. Il a été décidé d'intégrer au moulin un décortiqueur à marteaux et meules verticales pour réduire l'endosperme décortiqué en une farine dont les particules sont d'une finesse acceptable. Lors de l'établissement du premier moulin expérimental à Maiduguri, il n'existait aucun appareil manufacturé de capacité rentable pouvant décortiquer de façon adéquate et produire un rapport relativement élevé de farine fine/semoule grossière. De nombreux essais et modifications ont débouché

sur la fabrication d'un prototype satisfaisant. Il comprenait un pré-nettoyeur pour enlever les pierres et autres corps étrangers, un décortiqueur abrasif formé de pierres circulaires de carborundum montées à des intervalles de 1,5 à 3 cm sur une tige horizontale tournant à l'intérieur d'une caisse garnie de caoutchouc, un moulin modifié à marteau pour réduire l'endosperme décortiqué en particules plus fines, et un tamis pour séparer l'endosperme broyé en des particules de grosseurs différentes. Le système est mû par deux moteurs diesel et accompagné d'appareils de pesée, d'ensachage et de fermeture.

Des travaux de recherche opérationnelle ont permis d'augmenter de façon régulière le rendement du moulin, et, actuellement, il est possible d'obtenir un taux d'extraction supérieur à 80 % (poids de la farine d'endosperme broyé en pourcentage du poids original du grain) comparativement aux taux de récupération inférieurs à 65 % atteints par le broyage manuel traditionnel. La production de sorgho étant estimée à 800 000 tonnes par année dans le nord-est du Nigeria, un taux d'extraction supérieur permettrait une augmentation de 60 000 tonnes par année de grain utilisable si l'on avait recours à la technique de Maiduguri pour moudre seulement la moitié du sorgho. De plus, le son enlevé par le décortiqueur abrasif est récupéré, ensaché et utilisé comme aliment pour animaux. Traditionnellement, le grain décortiqué à la main est vanné, et la majeure partie du son ainsi que les fragments d'endosperme qui y sont rattachés sont emportés par le vent.

Grâce à ses propres ressources et aux conseils techniques du Canada, le gouvernement du Nigeria construit des moulins conçus selon le modèle de Maiduguri dans tout le nord du pays. En plus de réduire le sorgho, le maïs et le niébé cultivés sur place en une farine commercialement avantageuse et acceptable pour les consommateurs ruraux, les moulins libéreront un grand nombre de femmes de la corvée du pilage manuel pour leur permettre de se consacrer à des entreprises plus productives comme la culture de potagers et l'élevage de la volaille.

A la suite du succès obtenu à Maiduguri, un système de mouture basé sur ce principe du décorticage par abrasion avant mouture a été conçu par le Centre de promotion des industries rurales (RIIC) au Botswana. Dans ce cas également, les principes plutôt que la technologie ont été adoptés, cette dernière étant mise au point au Botswana pour satisfaire aux conditions locales.

Le décortiqueur abrasif du Nigeria a été conçu pour le traitement en continu de quantités relativement importantes de grain. Au RIIC, le décortiqueur original a été modifié pour permettre le traitement de petites quantités de grain soit en continu, soit par lots, selon la demande rurale. En effet, le producteur ou le consommateur rural désire ne faire moudre que la petite quantité de grain qu'il apporte au moulin. En incorporant un nouveau dispositif de vidage sous la forme d'une trappe à charnières renforcée au fond de la caisse du décortiqueur, des lots de seulement 10 kg peuvent être décortiqués sans arrêter le mécanisme.

Le RIIC, en collaboration avec le Laboratoire régional des Prairies, étudie le remplacement des disques de carborundum par des disques beaucoup plus légers de résinoïde dans lesquels l'oxyde d'aluminium est dis-



Décortilage de sorgho avec le décortiqueur mis au point par le LRP de Saskatchewan et le RIIC de Botswana.

persé dans une matrice plastique. Le résinoïde, qui possède moins du quart de la densité du carborundum, peut tourner à plus de 6 000 t/min (1 000 t/min est le maximum admissible pour le carborundum) et, étant donné que les disques de résinoïde sont beaucoup plus minces, plus du double de la surface abrasive est disponible dans une chambre de même volume. Le coût du résinoïde est inférieur à celui du carborundum et, en raison de sa plus grande légèreté, la consommation d'énergie par unité de poids du grain traité est également réduite. Les travaux de recherche sur cette innovation prometteuse se poursuivent afin d'en retirer le maximum d'avantages.

Par suite de l'expérience acquise au Nigeria et au Botswana, les systèmes de mouture du grain ont été adoptés au Sénégal pour le traitement du mil, en Éthiopie et au Soudan, où on expérimente différents types de mouture de sorgho intégrés à des projets de production, et au Ghana, où le décortilage du niébé précède la transformation en une gamme d'aliments traditionnels. L'Organisation pour le développement de la petite industrie à Dar-es-Salaam (Tanzanie) a récemment appuyé un projet de mouture du sorgho. Les spécialistes de l'économie domestique au Nigeria ont étudié la demande des consommateurs et leur acceptation du niébé traité au moulin.

Au Sénégal, deux projets reliés, l'un dans une agglomération rurale, l'autre à l'Institut de technologie alimentaire à Dakar, cherchent respectivement à établir des systèmes post-production intégrés d'entreposage et de mouture du mil perlé, et à augmenter l'utilisation des farines de sorgho et de mil simples ou mixtes pour la fabrication du pain et d'autres aliments.

D'une enquête menée pendant trois saisons auprès de 800 Sénégalaises des régions rurales, se sont dégagés plusieurs impératifs, notamment un meilleur accès à l'eau et au grain moulu. (Au cours d'une journée de travail de 16 heures, les femmes consacrent jusqu'à 10 heures à piler le grain et à aller chercher l'eau et le bois.) C'est pourquoi des décortiqueurs et de nouveaux puits de village sont peu à peu installés. L'enquête a aussi révélé que le mil perlé est de loin la céréale préférée pour la confection du couscous, plat traditionnel consommé chaque jour dans 75 % des foyers échantillonnés.

Les essais effectués avec un décortiqueur de type Maiduguri (LRP) ont donné d'excellents résultats avec du mil perlé, du maïs et du sorgho cultivés localement. La supériorité de ce dispositif par rapport à un décortiqueur à cônes européens résidait dans la capacité du mécanisme LRP à traiter des grains de différentes grosseurs et formes. L'appareil LRP a décortiqué de façon satisfaisante des grains mélangés, ce qui est un avantage certain pour les petits exploitants sénégalais dont un grand nombre mélangent les grains battus dans les entrepôts agricoles. Des progrès ont été signalés avec l'emploi du décortiqueur dans la production de farine de mil incorporée dans le pain sénégalais dans la proportion de 15 %, et dans le " riz de maïs ", substitut du riz provenant du maïs.

Les spécialistes de l'alimentation et de la nutrition de Haute-Volta ont entrepris une étude des aliments à base de sorgho, de niébé et de mil, comportant la détermination des caractéristiques physiques et chimiques normales de ces céréales, afin que l'acceptabilité de nouvelles variétés produites par la culture puisse être comparée à celle de types bien établis. En collaboration avec le LRP, on évalue la sensibilité des différents types locaux de sorgho à la décortication par abrasion en utilisant le micro-décortiqueur TADD décrit plus loin. Des essais simples seront corrélés à des indices de qualité exprimés par les consommateurs locaux. L'envergure du programme des systèmes post-production est décrite dans la publication du CRDI intitulée " Systèmes alimentaires (IDRC-146f) ". Les projets sont examinés dans " An end to pounding ", IDRC-152e et plusieurs autres publications énumérées en Annexe 3.

Traitement sur l'exploitation agricole

Au Ghana, il a été découvert que, sur les 175 jours-hommes nécessaires à la production et à la mise en marché d'un hectare de riz, plus de 70 jours-hommes étaient consacrés à la récolte, au battage et à d'autres activités agricoles. Les chercheurs ghanéens de l'Université des sciences et de la technologie à Kumasi ont mis au point des batteuses à riz à un seul pédalier actuellement à l'essai sur le terrain. Ces essais sont effectués à 17 endroits différents en collaboration avec diverses missions religieuses et d'autres organismes d'assistance. Après une réaction initiale de scepticisme de la part des agriculteurs, la situation s'est rétablie lorsque certains perfectionnements eurent été apportés à la machine pour la rendre plus efficace. De plus, il est démontré qu'au cours d'une période de 8 heures, deux hommes utilisant une batteuse à pédales peuvent traiter quatre fois plus de grains qu'en employant la méthode traditionnelle avec des bâtons. Un avantage supplémentaire est la fréquence réduite des risques d'éclatement des pani-

cules de riz pendant l'opération mécanisée. Les moyens, éventuellement par l'intermédiaire de coopératives, de distribuer et d'utiliser économiquement les batteuses à pédales sont à l'étude.

La Division du machinisme agricole du Mali met actuellement au point et à l'essai des batteuses à mil manuelles de conception nouvelle et peu coûteuses en adaptant les principes utilisés dans les batteuses mues au moyen de tracteurs. Trois différents modèles ont été conçus, et l'on procède à la construction des prototypes avant les essais sur les fermes à Mopti, au sud de Tombouctou. Les forgerons locaux recevront une formation portant sur la construction et l'entretien des machines, et, au moyen de démonstrations, les villageois seront encouragés à essayer et à adopter les appareils d'une capacité de 50 kg/h. Le gouvernement facilitera le financement pour permettre aux agglomérations d'acheter le modèle qui leur convient le mieux.

Techniques d'entreposage

Des projets d'entreposage du grain sont en cours au Ghana, où sont effectuées des comparaisons entre divers silos à maïs : construits en ferrociment, en blocs de latérite ou en sacs de jute doublés ; au Swaziland, où des universitaires ont comparé l'ampleur et la cause des pertes, l'efficacité et les aspects économiques des différents systèmes d'entreposage du maïs sur des fermes dans quatre régions, et en Haute-Volta et en Sierra Leone, où se poursuit l'étude sur le stockage du niébé sur des fermes où les pertes actuelles atteignent 40 % de la récolte, niveau de gaspillage qui décourage l'accroissement de la production de légumineuses.

A Kamboïse, une étude complète des systèmes traditionnels et plus efficaces d'entreposage du niébé, intégrée au projet de l'amélioration du niébé en Haute-Volta, a produit d'excellents résultats. Les cycles biologiques, le cheminement du grain du champ au marché, ainsi que l'ampleur et la nature des infestations d'insectes à différents endroits, en diverses saisons et dans des conditions variables d'entreposage, ont été examinés. Les secteurs étudiés sont les méthodes traditionnelles d'entreposage dans les régions du nord, du centre et du sud caractérisées respectivement par des régimes de pluies faibles, moyennes et abondantes. D'autres méthodes d'entreposage font l'objet d'essais parallèlement aux procédés traditionnels dans chaque zone.

Deux plantes locales, *Hyptis spicigera* et *Cassia nigricans*, ont des propriétés insecticides et, lorsqu'elles sont séchées et intercalées entre les cosses de niébé dans les greniers, elles servent à réduire l'infestation par les bruchidés et d'autres insectes. Comme ailleurs en Afrique de l'Ouest, la cendre de bois et le sable utilisés pour remplir les interstices entre les cosses de niébé entreposé réduisent les niveaux d'infestation en diminuant l'oxygène disponible et en éraflant la couche protectrice de chitine cireuse sur l'abdomen des insectes adultes.

Dans le cadre du projet d'entreposage du niébé (Sierra Leone), on vient de terminer une première étude visant à déterminer la place du niébé dans la communauté rurale et la technologie d'entreposage existante. De plus, des

travaux initiaux ont été effectués sur l'utilisation de vieux barils de pétrole comme greniers.

A la Station de recherches sur le riz à Rokupr, des citoyens de la Sierra Leone évaluent les pertes de riz récolté et entreposé dans les fermes, attribuables à plusieurs causes. Les principes ayant permis l'amélioration des systèmes d'entreposage du riz très humide en Asie seront adaptés en Afrique de l'Ouest.

Au Botswana, les méthodes économiquement efficaces de mouture du sorgho, décrites ci-dessus, ont encouragé les exploitants à cultiver une plus grande quantité de cette céréale et, par conséquent, à renverser la tendance vers une consommation accrue de farine de maïs moulue, importée d'Afrique du Sud. L'élaboration de systèmes d'entreposage et de distribution plus efficaces du niébé en Afrique de l'Ouest et d'autres légumineuses ailleurs sur le continent constituera un stimulant pour les agriculteurs locaux se spécialisant dans les légumineuses.

Les méthodes traditionnelles d'entreposage du niébé en Haute-Volta ont été étudiées. Une des plus intéressantes comporte l'utilisation de feuilles de certaines plantes locales (espèces *Hyptis* et autres) ainsi que des cendres de certains arbres pour empoisonner ou au moins éloigner les insectes nuisibles comme les bruchidés.

Au cours d'une étude d'observation, un scientifique d'Afrique de l'Ouest a déterminé l'angle zénithal du soleil et la direction des vents dominants pour toutes les périodes de l'année. A l'aide des résultats, il a été possible de concevoir et de construire un séchoir solaire à grain, à courant traversier, qui pouvait être incliné et orienté vers le grain récolté de façon à obtenir le taux de séchage maximal au moyen du soleil et du vent.

Une comparaison des contenants d'entreposage de conception traditionnelle et exotique a révélé que, jusqu'à une capacité d'environ une tonne et à certaines conditions, les paniers tressés traditionnels étaient aussi efficaces que les modèles importés plus dispendieux, à certaines conditions. Les contenants les plus efficaces avaient une hauteur et un diamètre à peu près égaux, et leurs parois étaient renforcées par de la boue et protégées du soleil par un large couvercle tressé en surplomb à la façon d'un chapeau chinois. Ces précautions réduisent les gradients d'humidité à l'intérieur du grain et, par conséquent, empêchent la formation de moisissures. La durée de l'entreposage a également été augmentée par le séchage du grain battu avant le remplissage du contenant, le remplissage des contenants au début du jour lorsqu'il fait encore frais, le tassage du grain à l'intérieur du contenant pour réduire les espaces d'air, le remplissage des espaces d'air avec du sable ou de la cendre de bois et l'élévation des contenants à l'aide de blocs pour prévenir l'entrée des rongeurs.

Dans le cas de quantités de grain supérieures à une tonne, les chercheurs sénégalais ont conçu un silo comportant une série de compartiments séparés par des parois dont chacun est rempli de grain et fermé par un couvercle à enclenchement. Le silo est facile à construire avec de la boue, une claie ou des briques d'argile. De petites cellules-silos ont été conçues pour permettre aux exploitants de traiter une réserve de trois semaines de grain au pesticide bromophus, qui demeure actif à peu près trois semaines.

La teneur élevée en humidité est une des principales causes de pertes post-récolte dans toutes les cultures. Voilà pourquoi des projets visant à améliorer les techniques de déshydratation et de séchage sont en cours dans plusieurs pays d'Afrique. Des séchoirs solaires destinés aux agglomérations rurales ont été conçus et mis à l'essai par l'Université de la Sierra Leone, et, au Niger, l'Office national de l'énergie solaire (ONERSOL) a conçu et mis en construction deux modèles de capacités différentes à usages multiples pour la déshydratation d'oignons cultivés localement. Chaque modèle comprend un capteur solaire, une chambre de séchage construite avec divers matériaux possibles dont des briques fabriquées sur place, des tiges de sorgho tressées, d'autres sous-produits agricoles et des feuilles plastiques.

Sur les 80 000 tonnes d'oignons cultivés annuellement au Niger en irrigation, moins de 30 % sont consommés par les producteurs et plus de 60 000 tonnes sont séchées au soleil en vue de l'exportation. Le séchage par exposition directe au soleil est difficile à régler, peu hygiénique et il donne un produit de qualité variable. L'objectif est de mettre au point des systèmes de déshydratation solaire indirecte afin de produire une denrée d'une qualité supérieure et uniforme et de stimuler la demande locale et l'exportation, ce qui augmenterait les revenus des producteurs et des conditionneurs locaux. Le gouvernement du Niger et la Banque arabe de développement ont investi considérablement dans la mise au point et l'exploitation du processus.

En Sierra Leone, des travaux sont en cours pour maximiser l'efficacité de divers types de séchoirs basés sur des critères établis en participation avec des agriculteurs, prenant en compte les cultures à sécher, la période la plus propice et le degré de séchage ainsi que les taux de gaspillage et de perte enregistrés.

Des méthodes plus efficaces de déshydratation et leur effet sur la qualité nutritive d'une vaste gamme de légumes indigènes au Kenya sont à l'étude à l'Université de Nairobi, et, récemment, le Conseil national pour la recherche scientifique en Zambie a lancé un projet visant à adapter les principes du séchoir solaire à riz mis au point à l'Institut asiatique de technologie, à la déshydratation de légumes feuillus locaux.

Un autre projet récemment établi au Mali vise à réduire les pertes considérables lors du traitement du poisson pêché dans les eaux poissonneuses du delta du Niger au Mali. Les institutions qui contribuent à ce projet sont Opération Pêche, du ministère du Développement rural, qui se spécialise dans tous les aspects de la production, du traitement, de l'entreposage et de la commercialisation du poisson, et le Laboratoire de l'énergie solaire, qui compte de grandes compétences dans le domaine de l'énergie solaire. Les effectifs de ces institutions tentent de mettre au point conjointement à Mopti un système efficace et peu coûteux de séchage solaire indirect approprié aux besoins des pêcheurs du Mali et capable de produire du poisson suffisamment sec pour résister aux insectes et aux champignons. Un prototype de séchoir solaire a été construit ; il comporte une base surélevée, à cadre métallique et une cheminée à convection amovible, le tout est recouvert d'une tente en plastique pour éviter la contamination par la poussière et les insectes. Ce séchoir, facile à démonter et à remonter, est donc portatif.

Dans le cadre d'un intéressant projet réalisé au Mali, le ministère du Développement rural tente d'améliorer les méthodes traditionnelles d'extraction de l'huile et du traitement du beurre de karité, l'une des rares graisses naturelles et comestibles d'origine végétale, solide aux températures normales. Le beurre de karité provient d'un arbre (*Butryospermum parkii*), connu localement sous le nom de karité, qui pousse à l'état sauvage dans les régions tropicales semi-arides d'Afrique. Cette graisse a de nombreux usages culinaires et, en plus, constitue un produit d'exportation rentable comme aliment ou comme base de produits de beauté. En s'appuyant sur des principes et des processus élaborés à l'étranger, on espère que des chercheurs du Mali réussiront à adapter des systèmes plus efficaces à cette industrie rurale.

Traditionnellement, les amandes de karité sont rôties dans des fours ovales, moulues à la main au moyen d'un mortier et d'un pilon jusqu'à obtention d'une pâte brun foncé, et le gras, libéré par la perturbation des cellules oléagineuses, est séparé par flottation dans l'eau. La matière grasse isolée a l'apparence et la consistance du suif. Ce travail est habituellement confié aux femmes. L'objectif de la recherche est de normaliser et de mécaniser l'extraction en remplaçant l'énergie humaine par l'énergie animale.

Recherches forestières

En 1979, l'année du début des recherches en foresterie du CRDI, un agent de la FAO a estimé que le déboisement et le surpâturage avaient entraîné la désertification d'environ 100 000 ha dans les pays du Maghreb. Plus récemment, la Conférence des Nations Unies sur la désertification a produit des statistiques étonnantes sur la rapidité avec laquelle une terre autrefois productive est érodée par suite de la destruction de la couverture végétale. Bien que la moitié de l'Afrique tropicale soit classée comme territoire forestier, environ 98 % est recouverte d'une végétation arbustive de types divers, et à peine 2 % d'une forêt dense : la surface occupée par des plantations forestières est infime.

On estime que sur les 300 millions de mètres cubes de bois africain utilisé annuellement, au moins 90 % servent comme bois de chauffage et charbon de bois, 9 % comme matériaux de construction. La pénurie de bois de chauffage est sur le point d'atteindre un seuil critique, particulièrement au sein de la population rurale qui dépend des espèces d'arbres croissant à l'extérieur de la forêt. C'est pourquoi le programme de foresterie du CRDI a accordé la priorité aux projets de boisés communaux visant à augmenter la réserve de combustible et de matériaux de construction de même que de fourrage pour les animaux des 150 millions d'Africains qui habitent les secteurs ruraux des régions tropicales semi-arides.

Boisés communaux

Un projet ayant pour objectif la création de bois de village au Niger illustre quelques-unes des possibilités et des difficultés typiques de plus de 20 projets de boisés communaux financés en Afrique de l'Est, de l'Ouest et du Nord ainsi qu'au Moyen-Orient.



Cueillette des branches d'un Acacia holosericea, arbre fourrager du Sénégal.

Le projet vise à créer environ 150 hectares de boisés autour de 70 villages près de Zinder, ville du sud-est du Niger. Ces boisés, dont la gestion doit être confiée aux habitants ruraux, produiront du bois de chauffage et des matériaux de construction. Une pépinière a été établie dans chaque arrondissement participant et le taux de survie des arbres dans les plantations de village atteint près de 90 % sur une étendue de plus de 150 hectares. On a identifié plusieurs espèces de margousier (*Azadirachta indica*), d'Eucalyptus, d'Albizzia et d'Acacia bien adaptées et à croissance rapide. Une vaste gamme d'autres espèces peut-être appropriées font l'objet d'une étude de

même que les méthodes améliorées de propagation dans les pépinières de village dont la direction est confiée à un villageois choisi par la communauté. Ces pépinières produisent jusqu'à 3 000 plantes par année. Des méthodes améliorées de transplantation de la pépinière au boisé sont présentement élaborées afin de profiter au maximum de la courte saison des pluies.

Une étude sociologique effectuée dans les villages participants a indiqué une prise de conscience élevée, chez les Nigériens des régions rurales, de la valeur des boisés de village, une préférence marquée ayant été exprimée pour un régime de propriété individuel ou familial au lieu d'un régime de propriété et de gestion gouvernemental ou collectif. Cette préférence correspond aux résultats obtenus dans le cadre d'autres projets de développement rural effectués dans des pays étrangers. La survie des boisés est surtout menacée par les chèvres et d'autres animaux brouteurs, et chaque plantation a été protégée au début par une clôture en barbelés. Cette mesure ayant été jugée trop coûteuse, on procède actuellement à la formation de haies vives avec des plantes ligneuses non appréciées des brouteurs. Des chercheurs en foresterie du ministère du Développement rural étudient, en collaboration avec les villageois, des systèmes agrosylvicoles taungya associant cultures vivrières, arachide, niébé, etc. et sylviculture. Des espèces d'arbres adéquatement espacés fournissent des engrais sous forme de débris végétaux permettant la culture de plantes alimentaires jusqu'à ce que le dôme de verdure fasse écran au rayonnement solaire.

Le projet a fortement intéressé un certain nombre d'organismes, notamment le Fonds européen de développement, le Church World Service et l'Association internationale de développement, qui ont déjà financé de telles entreprises mais à une plus grande échelle que le budget du CRDI ne peut le permettre.

D'autres projets de boisés communaux incluent l'établissement de plantations d'*Acacia senegal*, arbre qui, à l'instar de l'érable canadien, à partir d'incisions, fournit la gomme arabique de polysaccharide qui entre dans la préparation de nombreux aliments, ainsi que de produits pharmaceutiques et chimiques. Traditionnellement, la gomme brute est recueillie par des populations semi-nomades qui enlèvent l'écorce des arbres poussant à l'état sauvage dans la savane ouest-africaine, tout en conduisant leurs troupeaux d'une oasis à l'autre. Le projet, réalisé par le ministère sénégalais du Développement rural, vise à créer des plantations de gomme arabique près des établissements nomades, l'objectif du projet étant la sélection d'espèces d'*Acacia* indigènes et exotiques qui survivent et croissent rapidement et produisent des quantités élevées de gomme. Les essais de sylviculture incluent des méthodes de reproduction végétative pour les arbres à rendement élevé, des épreuves d'espacement et l'évaluation des feuilles comme fourrage. Les études ont été reliées à un projet antérieur de reboisement rural dans la savane sénégalaise comportant l'utilisation d'espèces d'arbres appropriées, y compris *Acacia senegal*, pour récupérer les terres mises à nu autour des oasis et d'autres régions de la savane par le surpâturage des animaux migrateurs. Plus de 250 hectares de plantations d'*Acacia* ont été établis, et des essais ont été effectués pour étudier l'effet des mycorhizes sur la croissance des arbres. Ce projet connaît un succès considérable malgré des

dégâts considérables causés aux pépinières et aux jeunes arbres par les rongeurs après les sécheresses au milieu des années 1970.

Reboisement en milieu rural

Au Mali, une étude est effectuée près du fleuve Niger sur la viabilité sylvicole et économique des plantations d'arbres irriguées destinées à fournir du bois aux populations rurales des zones du Soudan et du Sahel qui habitent relativement près des cours d'eau. En dépit de nombreuses difficultés — l'éloignement relatif de l'emplacement des travaux de recherche de plusieurs installations et services essentiels n'étant pas la moindre — un progrès remarquable a été réalisé au cours des quatre premières années. Plus de 50 espèces ont été plantées selon deux systèmes d'irrigation dans des lots à espèce unique et à espèces combinées comme brise-vent. L'irrigation a été réalisée par submersion dans les "planches" (lots endigués) et dans les "billions", sillons qui reçoivent des volumes d'eau à des débits variables. Cette dernière mesure s'est révélée plus satisfaisante, mais son coût est plus élevé en raison de l'emploi de matériel mécanisé nécessité par la construction de crêtes et de sillons.

Plus de 22 hectares ont été plantés d'arbres, les essences les plus satisfaisantes incluant certaines espèces d'*Eucalyptus*, *Gmelina*, *Dalbergia*, *Acacia* et *Leucaena*. Il est particulièrement intéressant de noter le rétablissement naturel rapide de *Leucaena glauca*, espèce dont les feuilles fournissent du fourrage et les débris végétaux, un engrais pour les sols. Étant donné que le site comporte trois différents types de sols et que le niveau de la nappe phréatique varie selon l'époque, il est possible d'observer l'effet de l'interaction des nombreux facteurs sur le taux de survie et de croissance. On croit que les résultats des recherches profiteront à la population de la région en assurant l'approvisionnement de bois de chauffage, de fourrage pour les animaux ainsi que de brise-vent pour la protection des sols et des cultures. Plus de 11 000 plants d'*Eucalyptus camaldulensis*, d'*Azadirachta indica* et de *Dalbergia sisso* ont été distribués dans les villages environnants.

En Afrique de l'Est, des projets de boisement rural visant à atteindre les objectifs cités ci-dessus sont présentement en voie de réalisation avec la collaboration des petits exploitants agricoles et des villageois. Au Kenya, on vise à établir des boisés près des communautés agricoles sur des terres impropres à la culture vivrière. En Tanzanie, le projet est implanté près de Dodoma, la nouvelle capitale du pays, où, dans l'une des zones les plus arides de l'Afrique de l'Est, on tente de protéger les plantations avec des haies vives de plantes épineuses. Des plantations de bois de chauffage sont également mises à l'essai par l'Institut de recherches forestières au Malawi où, en plus du bois servant aux besoins des ménages ruraux, près de 18 millions de m³ de bois sont utilisés annuellement pour le séchage du tabac, le fumage du poisson et la fabrication de briques.

Agrosylviculture

Au nord et au sud du Sahara, plusieurs pays cherchent à promouvoir une agrosylviculture qui intègre la culture d'arbres fruitiers aux systèmes agricoles des petits exploitants. A la lumière des connaissances acquises lors

de l'élaboration de la méthodologie de recherche sur la polyculture, il faudra peut-être encore quelques années avant de mettre au point et d'expérimenter des méthodes appropriées à la recherche en agrosylviculture. Afin d'accélérer le processus, le CRDI agit comme agent d'exécution pour le compte de plusieurs organismes donateurs, dans l'établissement du Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) dont le siège social de Nairobi est dirigé par un Conseil d'administration international composé d'un nombre égal de représentants de pays développés et de pays en développement.

Le ministère fédéral de la Recherche en foresterie du Nigeria effectue, par des essais d'espèces, la sélection de combinaisons d'arbres susceptibles de bien protéger les cultures, et examine les effets de ces brise-vent sur le rendement des cultures, la conservation du sol et de l'eau ainsi que sur le milieu écologique.

Au Ghana, au Cameroun et au Nigeria, des progrès modestes ont été réalisés dans la recherche visant à remplacer la jachère de brousse par des systèmes de gestion des terres plus productifs. Traditionnellement, les cultivateurs itinérants déboisent d'abord la forêt en coupant les arbres et en brûlant les broussailles, puis épuisent le sol en cultivant les terres pendant plusieurs années sans amendement suffisant et s'en vont plus loin recommencer le processus. La jachère de brousse désigne les plantes indigènes de brousse qui poussent sur les terres épuisées abandonnées par les cultivateurs itinérants. On songe à pratiquer sur des jachères la culture intercalaire d'arbres-légumineux avec des cultures vivrières jusqu'à ce que le dôme de verdure empêche un ensoleillement minimal.

Le besoin d'utiliser des produits forestiers de façon plus efficace et économique est évident partout en Afrique. L'Institut de recherches sur les produits forestiers du Ghana a entrepris une expérience intéressante visant à convertir les fibres de bois en panneaux et en briques de construction en les liant avec du ciment minéral.

Afin de réduire l'importation du bois de construction, les technologues du bois du Mali examinent *Pterocarpus* et d'autres types indigènes afin de déterminer leurs propriétés relatives à la coupe, au séchage et à d'autres usages de construction. Les spécialistes des produits forestiers de l'université Laval ont fourni une aide précieuse aux Maliens en les conseillant sur les méthodes de normalisation et les technologies de traitement du bois.

Le Département de foresterie de l'Université de Dar-es-Salaam étudie la conception et les matériaux de construction de divers poêles à charbon afin de mettre au point un modèle qui économise le combustible et dont la structure et l'utilisation correspondent aux besoins des agglomérations rurales tanzaniennes.

Conseillers de réseaux

Les sciences et la technologie forestières ont de nombreux obstacles à surmonter en Afrique, la pénurie grave de scientifiques adéquatement formés n'étant pas la moindre. Conséquemment, tous les projets incluent une composante non négligeable de formation allant des études universi-

taires supérieures avancées à des démonstrations techniques en cours d'emploi. Le service consultatif de recherche de l'EARO, à Nairobi, dispensé par deux scientifiques africains spécialisés en foresterie, constitue le pivot du projet de formation et même de tout le réseau de boisés communaux. Leur possibilité de s'exprimer en trois langues combinée à leurs nombreuses années d'expérience en recherche et développement forestiers en Afrique et au Moyen-Orient permettent aux deux conseillers d'encourager et d'intégrer les efforts des projets de boisés communaux déjà décrits. Ils ne jouent pas le rôle de directeur ou de chargé de projets pour aucun des 20 projets de programme, mais ils donnent des avis sur la conception et l'implantation de méthodes appropriées ; ils facilitent l'échange de renseignements, de résultats et d'autres expériences pertinentes entre les projets du réseau, et, s'il y a lieu, ils fournissent du matériel génétique et d'autres ressources matérielles. La présence de conseillers de réseau est essentielle pour les projets effectués dans les pays où les institutions de recherche sont relativement pauvres et où le personnel est constitué en grande partie par de jeunes scientifiques qui ont souvent besoin d'encouragement et de conseils bienveillants et éclairés. Cette forme de service scientifique est parfaitement justifiée et n'entre pas en conflit avec la politique du Centre ayant pour objectif l'appui des efforts locaux. Les conseillers donnent des avis sans les imposer ; ils prodiguent de l'encouragement sans exercer de sanctions. Bien qu'elles soient complémentaires, les responsabilités des conseillers ne font pas double emploi avec celles du personnel permanent de la Division qui surveille et évalue l'état d'avancement des projets subventionnés par le Centre.

Recherches zootechniques

Un peu plus de 5 % du budget total des 10 années d'activité de la SAAN a contribué à financer la recherche de base sur les problèmes complexes reliés à certains aspects du développement rural. Ces travaux ont été effectués en général par une institution canadienne de recherche en collaboration avec un projet dans un pays en développement.

Maladies protozoaires

La trypanosomiase, appelée maladie du sommeil chez l'homme, est l'une des affections causées par un protozoaire pathogène. Les agents de la trypanosomiase sont transmis par la mouche tsé-tsé, insecte hématophage qui recueille probablement les trypanosomes chez les animaux sauvages, vecteurs ayant acquis un degré élevé d'immunité à la maladie. Les trypanosomes sont transmis par la mouche tsé-tsé aux animaux domestiques que l'insecte attaque pour sucer leur sang. Les protozoaires prolifèrent et subissent des métamorphoses chez l'animal et l'insecte vecteur, qui sont tous deux essentiels pour le cycle biologique de l'organisme microbien. L'élimination de la mouche tsé-tsé et de la trypanosomiase permettrait l'élevage de 125 millions de plus de têtes de bétail en Afrique de l'Est.

La theilériose (fièvre de la côte orientale), maladie causée par un protozoaire et transmise par une tique, tue environ 500 000 têtes de bétail par année en Afrique de l'Est. Ces deux maladies déclenchées par des proto-

zoaires constituent le principal obstacle à un sain élevage du bétail sur une superficie d'au moins 10 millions de km² en Afrique.



Des chercheurs examinent une tique dans l'oreille d'une vache. Vecteur de la theilériose, ce parasite décime les troupeaux au Kenya.

Deux recherches fondamentales sur l'immunopathologie des deux infections protozoaires auxquelles travaillent l'Université de Guelph et l'Institut de recherches vétérinaires du Kenya visent à mieux comprendre l'étiologie de la trypanosomiase et de la theilériose.

Une étude à laquelle ont collaboré des scientifiques canadiens et africains ainsi que des étudiants des 2^e et 3^e cycles au Kenya et à Guelph a commencé par un examen des anémies chez les animaux causées par *Trypanosoma congolense* et *T. vivax* ainsi que de l'hypersensibilité retardée associée à *Theileria parva*, le protozoaire qui provoque la theilériose. Il a été découvert que les deux trypanosomes infectieux agissent de façon très différente et que *T. congolense* forme des agrégats dans les petits vaisseaux sanguins périphériques, surtout ceux du cerveau et du cœur. L'équipe a étudié la possibilité de disperser ces agrégats étant donné que les agents chimiothérapeutiques ne peuvent atteindre et détruire les trypanosomes situés au centre des agglutinations. Le mode d'action des pathogènes et la réaction physiologique chez les animaux sont très complexes, et la découverte d'une méthode unique de lutte contre la maladie soit par immunisation soit par médication semble peu probable dans un avenir prochain. La recherche a montré que les trypanosomes pathogènes prédisposent le bétail à d'autres maladies infectieuses comme la peste bovine et la pleuropneumonie épizootique.

Un second projet, financé par l'ACDI mais administré par le CRDI, examine le mécanisme de transmission de la trypanosomiase, de la theilériose et de diverses autres maladies animales africaines, l'un des objectifs étant de déterminer dans quelle mesure les espèces indigènes de gibier sauvage qui ont acquis une immunité au cours des siècles sont les hôtes de ces organismes microbiens et s'ils les transmettent.

Au Kenya, avec la collaboration de l'Université de Guelph, le processus de transmission de la maladie entre les animaux domestiques et les animaux sauvages a été considérablement approfondi. Le projet visait à identifier des parasites et pathogènes naturels ainsi qu'à étudier la transmissibilité des pathogènes entre les espèces sauvages et les espèces domestiques. La recherche comportait un important programme de formation à l'intention des vétérinaires du Kenya. De petits troupeaux de plusieurs espèces sauvages ont été constitués et des échantillons sanguins ont été prélevés sur les animaux en captivité et sur d'autres en liberté, temporairement immobilisés par des fléchettes anesthésiantes. Bien que l'immunité à diverses maladies ait été démontrée chez les animaux sauvages, qui pourraient jouer le rôle de vecteur, les infections des espèces domestiques ne sont pas toutes causées par les animaux sauvages.

Les maladies particulièrement étudiées comprennent la trypanosomiase chez le zèbre, l'oryx, la girafe et le gnou, la theilériose chez l'élan et le topi, la fièvre aphteuse chez le buffle, la fièvre catarrhale maligne chez le gnou et plusieurs espèces de gazelle, la dermatite mycosique chez le rhinocéros et la tuberculose avienne chez les flamants.

Plusieurs Kényans ont été formés aux sciences vétérinaires, et les résultats démontrent, et il s'agit d'une première, plusieurs formes de coexistence pacifique entre des ruminants sauvages et domestiques et l'inutilité de

l'extermination massive des espèces sauvages pour rentabiliser les élevages de bétail domestique.

L'alimentation animale

D'autres projets en Afrique comportaient des études sur l'emploi de sous-produits agricoles dans l'alimentation animale. A l'Université d'Ife au Nigeria, des essais ont été effectués chez la volaille, le porc, le mouton et la chèvre avec de la farine de manioc enrichie de protéines provenant des feuilles de manioc et d'autres plantes, et avec des tourteaux de palmistes.

L'Université de Nairobi analyse et évalue les sous-produits utilisés habituellement dans les petites fermes pour nourrir la volaille, ainsi que la possibilité de les enrichir avec des nutriments locaux peu coûteux. Au laboratoire, des espèces aviennes locales nourries avec des rations traditionnelles sont comparées à des volailles alimentées avec des mélanges de sous-produits locaux plus nourrissants. Les rations les plus économiques seront expérimentées chez les petits exploitants où l'élevage de la volaille constitue une composante du système agricole.

Recherches sur les pêches

Peu de programmes ont été financés en Afrique en raison de la pénurie de biologistes compétents spécialisés dans les pêches. Au nombre des recherches qui ont connu un succès technique, on compte le projet d'ostréiculture en Sierra Leone, où les spécialistes des pêches ont réussi à cultiver dans des eaux estuariennes des huîtres indigènes qui ont atteint une taille supérieure à celles qui croissent naturellement. Le naissain mobile de l'espèce sauvage se fixe surtout aux racines des palétuviers qui poussent le long des estuaires de marée. Les huîtres sauvages restent petites en raison du surpeuplement et, de plus, lorsqu'il y a des agglomérations à proximité des parcs, il existe un risque de pollution et de contamination.

Le personnel du projet a installé des élevages flottants à l'aide de batis et de radeaux dans les eaux profondes et claires des estuaires où la nourriture est plus abondante. Les huîtres croissent donc plus rapidement et atteignent une taille très supérieure à la normale. Des études ont été effectuées sur la croissance des huîtres submergées, les effets du changement de la salinité des eaux, les facteurs qui influent sur le rapport chair/coquille et la biologie des principaux parasites et prédateurs. Les études sur les activités post-production, dont les aspects économiques du traitement, du conditionnement, de la commercialisation et de la distribution détermineront la rentabilité de ces systèmes ostréicoles plus productifs.

Le tilapie est un poisson d'eau douce généralement très apprécié par les habitants de nombreux pays d'Afrique. Ses possibilités d'élevage dans les rivières et les lacs naturels n'ont pas encore été exploitées à cause de l'insuffisance des installations de recherche sur les pêches (lacune citée plus haut). En utilisant les découvertes récentes pour la régularisation biologique de la reproduction ainsi que les systèmes modernes d'aquaculture, y compris l'élevage en cages, la production annuelle de tilapie pourrait être accrue considérablement.



En Sierra Leone, ostréiculture à l'aide de radeaux et de bâtis.

A l'Université de Nairobi, des études sont en cours sur l'élevage en cages de quatre espèces de tilapie dans l'eau courante des canaux et celle relativement stagnante des rizières. On travaille également sur la stimulation artificielle de la maturation et de la reproduction chez le tilapie à l'aide d'hormones pituitaires, expérience dont la signification est décrite de façon plus détaillée dans le cadre des projets halieutiques en Asie.

La sélection et la culture des espèces de poisson indigènes en cours au lac Mihindi au Rwanda et la recherche sur la production de stocks d'alevins

pour leur culture en nasses de filet fixes ou flottantes au lac Togo et à la lagune Lomé, sont effectuées par la Division des productions halieutiques au Togo.

Un projet de pêche artisanale au Ghana a débouché sur plusieurs découvertes techniques d'avant-garde dans les secteurs de la conception des filets et des bateaux, de la pêche côtière, de la technique de séchage par fumage et de la salaison, ainsi que de la commercialisation. En raison de plusieurs facteurs, dont de fréquents changements de gouvernement et de scientifiques responsables des travaux, le projet semble avoir eu moins d'impact que prévu et que possible sur la vie et les activités des familles de pêcheurs côtiers. Lorsque la situation sera stabilisée, la Division reconduira son assistance afin que l'application des résultats puisse réellement profiter aux milliers de pêcheurs côtiers démunis et à leur famille qui occupent la totalité du littoral du Ghana et de nombreux autres pays d'Afrique et dont la subsistance dépend presque entièrement de la pêche. Les hommes pêchent tandis que les femmes et les enfants sèchent et fument le poisson pour le conserver et le vendre sur les marchés locaux.

Moyen-Orient et Afrique du Nord

Les divers organismes internationaux et spécialistes en géographie politique attribuent des désignations différentes aux divers groupes de pays qui composent cette région. Il importe donc de préciser la définition de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient que lui donne le CRDI (SAAN). Le Centre subventionne des projets dans les pays suivants : l'Algérie, l'Égypte, la Jordanie, le Liban, la Syrie, le Soudan, la Tunisie et la Turquie.

Les caractères topographiques, édaphiques et climatiques de cette région sont si complexes et si variés qu'ils pourraient faire l'objet de plusieurs volumes. Cette région a une grande importance agricole, car elle est le berceau du blé, de l'orge et de plusieurs autres importantes céréales et légumineuses alimentaires. Les expéditions de collection de matériel génétique menées dans divers pays de la région ont donc été un complément valable aux programmes de mise en culture.

Toute tentative de généralisation logique est vouée à l'échec lorsqu'il s'agit de cette région, à cause de son ambivalence : son abondance et sa pauvreté, ses réalisations individuelles et culturelles extraordinaires et son extrême primitivisme, de même que sa longue et impressionnante tradition culturelle et agricole. A cause de leur civilisation fortement enracinée et de la longue histoire de leurs universités, certains pays — surtout l'Égypte — sont particulièrement adaptés au type d'aide qu'apporte le CRDI aux efforts de recherche autochtones. Dans d'autres pays, la pauvreté voisine le faible potentiel de recherche institutionnelle ; dans d'autres encore, l'abondance des richesses naturelles en fait des pays développés non admissibles aux subventions du CRDI.

La Division subventionne aujourd'hui, près de 40 projets dans la région, répartis comme suit : 47 % en agriculture, 16 % en foresterie, 14 % en systèmes post-production et 5 % en zootechnie et en recherches halieutiques, dont la plupart en Égypte et au Soudan. Le tableau 3 donne le nombre et la valeur des projets subventionnés dans les huit pays de la région qui profitent des activités de la Division.

Recherches forestières

A une certaine époque, la région était presque entièrement protégée par un couvert forestier abondant, mais en le détruisant, l'homme a provoqué la détérioration progressive du sol et la désertification. La restauration des espèces forestières est essentielle si l'on veut se doter d'une agriculture efficace et assurer le bien-être économique des populations rurales. L'aménagement de brise-vent est indispensable pour la restauration des terres

Tableau 3. Nombre de projets et total des affectations au Moyen-Orient et en Afrique du Nord.

Pays	Cultures et systèmes culturaux		Pêches		Zootéchnie		Foresterie		Systèmes post-production	
	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets
Algérie	380,1 (100%)	2 (100%)								
Égypte	1 372,2 (39%)	6 (33%)	233,6 (6,5%)	1 (6%)	802,9 (22,5%)	3 (17%)	309,7 (9%)	2 (11%)	810,5 (23%)	6 (33%)
Jordanie	266,5 (61%)	1 (50%)					168,2 (39%)	1 (50%)		
Liban	1 387,3 (91%)	3 (75%)							137,7 (9%)	1 (25%)
Soudan	717,4 (39%)	3 (34%)	348,7 (19%)	2 (22%)	268,4 (15%)	1 (11%)	371,2 (20%)	2 (22%)	137,7 (7%)	1 (11%)
Syrie	3 250,2 (79%)	7 (78%)			848,4 (21%)	2 (22%)				
Tunisie							417,7 (100%)	2 (100%)		
Turquie	474,6 (69%)	2 (67%)	212,5 (31%)	1 (33%)						

arables et pour la production des terres agricoles et du matériel sur pied. Parmi les espèces d'arbres les plus utiles transplantées en Égypte à partir de leur Australie natale, auxquelles on a consacré relativement peu de recherches systématiques, se trouve le genre *Casuarina*, dont seulement trois espèces, outre un hybride naturel, parmi les 45 espèces connues, sont répandues en Égypte. Des données très importantes nous ont été fournies par l'Université d'Alexandrie, où l'on a étudié en détail les nombreux phénotypes des espèces locales de *Casuarina*. Des études sur la germination, la croissance et la survie d'individus provenant de graines apparemment supérieures sont bien avancées. Les méthodes de multiplication végétative ont conduit à l'établissement d'une pépinière de semences clonales, et le travail en collaboration avec des sylviculteurs en Australie a permis de trouver des espèces d'autres provenances pour des recherches futures. Même si *Casuarina* n'est pas une légumineuse, on peut provoquer une nodularisation et une fixation symbiotique de l'azote, car d'importantes différences spécifiques ont été décelées en matière de fixation de l'azote et d'associations mycorhizales.

Le programme a été étendu récemment pour englober des études plus poussées des caractéristiques de la germination et de la croissance, sous divers types de sols, dont les loams sablés et calcaires du littoral de la Méditerranée, les sols sableux de la partie intérieure du Sinaï et l'alternance temps chaud — temps frais du désert de la région d'Assouan. Diverses études sont en cours : recherches physiologiques — études de la résistance



Ces jeunes plants de Casuarina seront utilisés comme brise-vent pour la récupération et la protection des terres arables.

d'espèces à la salinité, aux sécheresses et à l'attaque des nématodes; études d'importants caractères phénologiques, y compris la floraison et la pollinisation, recherches sur l'utilisation du bois comme combustible, pour la construction et pour la fabrication de pâtes.

Au Soudan, les tempêtes de sable détruisent tous les dix ans environ un tiers des terres arables irriguées. Dans une région de plusieurs centaines d'hectares située dans le bassin de Karmah, on étudie l'utilisation de plusieurs espèces d'arbres pour l'aménagement de brise-vent pour la récupération et la protection de terres arables qui en valent la peine. Ces brise-vent consistent en deux, trois ou quatre rangées d'arbres distantes de 100 à 250 m, perpendiculairement à la direction des vents dominants. Ce projet de recherche vise surtout à évaluer l'efficacité de ces aménagements, ainsi que leurs effets sur le microclimat, les réserves d'eau et le rendement des cultures qu'ils protègent.

Toujours au Soudan, dans quatre régions correspondant à différents types de sols, on étudie le potentiel de diverses espèces du genre *Prosopis*, une légumineuse, comme fourrage et autres fins utiles. En Jordanie, on tente de planter des arbres à croissance rapide qui peuvent germer rapidement et produire des racines pendant la courte saison des pluies. Les plants sont mis en terre dans les oueds et sur les terrasses afin d'utiliser l'eau de pluie accumulée qui est absorbée et s'évapore rapidement ailleurs.



Labours à l'abri d'un brise-vent de *Casuarina* de 12 ans (Égypte).

La protection des cultures agricoles par les brise-vent fait également l'objet de recherches en Tunisie par l'Institut national de recherches forestières (INRF). Cet organisme étudie également la production, la récolte et les propriétés techniques de l'alfa (*Stipa tenacissima*), une plante réduite en pâte pour faire du papier fin et ayant plusieurs applications domestiques ; cette espèce a été peu étudiée par les chercheurs même si elle est cultivée depuis un siècle en Tunisie et dans les pays voisins. Bien qu'il s'agisse d'une herbe et non d'un arbre, elle relève généralement du domaine de la foresterie plutôt que de l'agronomie à cause de son caractère ligneux et de l'utilisation qu'on en fait, comme le bambou, dont il est question dans une section ultérieure.

Recherches sur les cultures

Amélioration des cultures

Le réseau d'amélioration des légumineuses alimentaires au Moyen-Orient est devenu l'une des entreprises les plus stimulantes de la Division. Cette expérience a commencé il y a plusieurs années par la collaboration entre le Centre et la Fondation Ford dans le cadre du Programme de développement agricole des terres arides (ALAD) — dont le centre se trouve au Liban — qui vise l'amélioration des systèmes agricoles et cultureux de concert avec plusieurs pays du Moyen-Orient. C'est le programme ALAD qui a suscité la nouvelle façon d'envisager les programmes régionaux d'amélioration des cultures sur lesquels est basé le réseau actuel d'amélioration des légumineuses.

A la suite de plusieurs études détaillées sur les besoins et les priorités en matière de recherche agricole au Moyen-Orient, le CRDI a été invité par le GCRAI à faire office d'agent d'exécution pour la planification et la mise sur pied du Centre international de recherches agricoles dans les zones sèches (ICARDA). Ce Centre fait porter ses recherches sur l'agriculture pluviale dans presque toute l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Asie de l'Ouest, région où la productivité agricole est limitée par le manque d'eau ; les précipitations annuelles varient entre moins de 200 mm et 600 mm. Selon le plan original établi par le CRDI et le GCRAI, le réseau de l'ICARDA devait comprendre trois stations principales : l'une au Liban, l'une en Syrie et l'autre en Iran. Cette dernière, située en un lieu propice à la recherche, près de Tabriz, devait permettre l'étude des problèmes typiques du haut-plateau de la région. Mais des événements politiques ont détruit tout espoir de mise en oeuvre du projet iranien et ont posé des obstacles au progrès au Liban.

Malgré ces difficultés, l'ICARDA a établi des installations de recherche impressionnantes, dont un programme exceptionnel de recherches sur les légumineuses à partir d'une station centrale située près d'Alep, en Syrie. Ce programme de l'ICARDA, que le CRDI continue de subventionner, est la cheville ouvrière du réseau des programmes nationaux des pays suivants : Égypte, Algérie, Soudan, Turquie, Jordanie et Pakistan. Tous ces programmes nationaux, subventionnés par le CRDI, sont indépendants ; l'établissement des objectifs et de l'ordre de priorité et la planification relèvent du personnel de recherche de chaque pays. Le rôle de l'ICARDA dans le

réseau de stations de recherche sur les légumineuses montre bien la complémentarité essentielle qui doit exister entre le CIRA intéressé et les programmes nationaux de recherches dont il doit s'occuper. L'ICARDA n'a aucun pouvoir de décision sur le financement, l'établissement des priorités et la direction des recherches, et il n'impose l'envoi de conseillers étrangers pour aucun des programmes nationaux. Par son programme intégré de recherches sur les légumineuses, ce Centre offre plutôt un vaste choix de matériel génétique amélioré, de recommandations sur les méthodes agronomiques, des conseils techniques sous forme de publications, des ateliers et des échanges sous forme de voyages d'études, le tout appuyé d'un programme de formation pratique et créatif.

Les cours de formation intensifs sont essentiels à la bonne marche du réseau et pour les stagiaires qui séjournent plusieurs mois à l'ICARDA, où ils suivent toute l'évolution des principales cultures de légumineuses de la région : préparation, plantation, gestion agronomique et récolte. A partir des graines récoltées, ils choisissent ensuite les cultivars qui semblent le mieux répondre aux besoins et aux conditions de leur pays. Près de 20 stagiaires participent aux cours intensifs de 6 mois donnés chaque année. En outre, des sessions plus courtes portent sur des méthodes et des sujets précis.

Lorsqu'ils retournent dans leurs pays, les stagiaires continuent d'échanger avec l'ICARDA du matériel génétique, les résultats d'expériences et d'autres données et collaborent à des expériences qui doivent être faites dans des conditions environnementales ou autres qui n'existent pas à la station principale de l'ICARDA.

Les recherches portent surtout sur trois légumineuses, les lentilles, les féveroles et les pois chiches (dans ce dernier cas, les travaux sont effectués en collaboration avec l'ICRISAT). On a prélevé plus de 4 500 échantillons de lentilles, 3 000 de féveroles et 3 500 de pois chiches, auxquels s'ajoutent continuellement de nouveaux spécimens en provenance des pays collaborateurs et qu'on recueille au cours d'expéditions de collection afin de trouver de nouveaux cultivars et des espèces sauvages.

Sélection et création

Le programme de l'ICARDA touche tous les éléments types d'un programme important de génétique et de sélection. Le personnel chargé des projets nationaux recueille, choisit et croise les espèces de plantes à partir des graines obtenues localement et reçues de l'ICARDA ; dans d'autres cas, celui-ci offre un service de pépinières à ce centre en dehors de la saison et communique ses résultats, contribuant ainsi à augmenter d'importantes bases de données et l'expérience sur l'amélioration des légumineuses alimentaires, qui ne cessent de croître. Au début du programme ALAD, la région comptait relativement peu de scientifiques formés aux méthodes de pointe en matière de recherche sur les légumineuses. Maintenant, on dénombre plus de 120 spécialistes de cette discipline dans les pays collaborateurs.

Pendant plusieurs années, les scientifiques d'Algérie ont réussi à augmenter la production à la ferme de lentilles, de pois chiches, de grosses



Croisement de niébé en serre.

fèves (*Vicia faba*) et de pois des champs. On a découvert un grand nombre d'espèces hâtives et dont la forme se prête aux récoltes mécaniques.

En Égypte, un programme intensif d'amélioration des légumineuses mené dans plusieurs sites de recherche et en collaboration avec des fermiers sur tout le territoire remporte un vif succès. Il assure non seulement l'amélioration de l'équipement de plantation et des méthodes de gestion agronomique, mais aussi la mise sur pied d'un centre de lutte contre les parasites et l'exécution d'études pour l'éradication de la mauvaise herbe *Orobanche* qui, comme *Striga*, a tendance à germer lorsque ses graines sont traitées avec des substances synthétiques analogues au strigol.

Des études économiques effectuées dans plusieurs gouvernorats montrent que l'amélioration des cultivars et des méthodes de culture des lentilles et des féveroles se traduit par une augmentation des profits des fermiers. Les travaux génétiques et de sélection ont permis de trouver un cultivar de la féverole d'une teneur en protéines 50 % plus élevée que jamais auparavant, ainsi que plusieurs cultivars de lentilles très résistants au mildiou et à la fusariose et une espèce exotique introduite dont le cycle végétatif est inférieur de 20 jours à celui de toute variété locale connue.

Ce programme étendu d'amélioration des légumineuses, exécuté dans les stations de recherche et dans des fermes représentatives de toutes les grandes zones agroclimatiques de production d'Égypte, relève de l'Institut de recherches sur les grandes cultures. On accorde une attention particulière à la stabilité des récoltes, à la teneur en protéines et à la résistance des espèces aux maladies très répandues, notamment la maladie des taches et la rouille dans le cas des féveroles, et le pourridié et le flétrissement dans le cas des féveroles et des lentilles. Nous traiterons plus loin des contrôles de la

qualité et des études de praticabilité effectués par l'Université d'Alexandrie qui complètent ce programme et d'autres programmes d'amélioration des légumineuses.

Les légumineuses alimentaires constituent l'ingrédient principal des repas du matin et du soir de plus de 5 millions de défavorisés du Soudan rural. Au fur et à mesure que le prix des aliments d'origine animale monte, les légumineuses alimentaires occupent une place de plus en plus grande dans le régime des Soudanais et des autres habitants du Moyen-Orient. Dans quatre stations du Soudan, les activités de reproduction, de sélection et de recherche agronomique visent à améliorer la production de féveroles — deuxième en importance après le sorgho dans la région cultivée — de lentilles et de haricots.

On estime que les recherches sur les lentilles et les pois chiches en Turquie profiteront aux fermiers des pays voisins, comme l'Iraq, l'Iran, le Liban et la Syrie, où les conditions agroclimatiques sont semblables. Même si les résultats de recherches archéologiques montrent qu'on cultivait déjà le pois chiche en Turquie il y a 5 000 ans, on a investi relativement peu jusqu'à récemment pour l'amélioration des variétés locales à faible rendement qui n'apparaissent pas assez résistantes aux basses températures et aux maladies répandues. Les prélèvements d'échantillons effectués en Turquie sont destinés à augmenter le matériel génétique national et régional.

Les scientifiques formés à la recherche sur les légumineuses par la Faculté d'agriculture de l'Université d'Amman explorent des moyens d'améliorer des méthodes de culture selon différents milieux écologiques en Jordanie et dans les pays voisins. De plus, ils améliorent les rotations céréales-légumineuses-céréales et ils mettent à l'essai et adaptent une moissonneuse de fabrication locale pour les légumineuses les plus intéressantes, les lentilles et les pois chiches.

Les programmes d'amélioration des légumineuses au Pakistan et au Bangladesh, décrits sous la rubrique de l'Asie, profitent également de l'aide de l'ICARDA et du réseau du Moyen-Orient. Il s'agit d'un programme presque idéal pour la SAAN ; il nécessite une aide financière destinée à un programme précis d'un CIRA, dont profitent plusieurs projets nationaux complémentaires de recherche, de démonstration et de formation.

D'autres projets d'amélioration des cultures vivrières visent l'amélioration du triticale en Algérie (projet qui est maintenant financé entièrement par le gouvernement de l'Algérie) et au Liban, ainsi qu'un projet d'amélioration de l'orge récemment approuvé et exécuté par l'Institut de recherche agricole de l'Anatolie centrale, en Turquie. Un autre projet a également été entrepris récemment en Égypte : l'amélioration de la production à la ferme de graines oléagineuses (sésame, tournesol, colza et arachides). A ce programme se grefferont bientôt les travaux de recherche sur les méthodes d'extraction des huiles comestibles contenues dans ces graines et sur l'utilisation des aliments riches en protéines qui en sont dérivés.

La Société de recherche agricole du Soudan a entrepris récemment un programme d'amélioration des propriétés agronomiques, nutritionnelles et techniques des arachides et du sésame, des cultures de graines oléagineuses

existantes et du soja qui, grâce à la reproduction, à la sélection et à la recherche agronomique, compléteront la production actuelle de graines oléagineuses. On vise surtout à retarder l'époque à laquelle les cosques du sésame s'ouvrent pour laisser les graines se disperser (le phénomène de l'"éclatement du sésame") et à simplifier la récolte qui est en grande partie manuelle.

Les pédologues de l'Université d'Alexandrie veulent augmenter l'assimilation du phosphore par les céréales et les légumineuses en utilisant le phosphate qu'on trouve dans les roches locales et d'autres fertilisants sur les cultures plantées en sol calcaire qui dominent toutes les zones arides de la région. Par des moyens chimiques et microbiologiques, on espère libérer une partie du phosphore immobilisé dans les sols calcaires (cette substance compose 80 à 90 % des sols) par une réaction chimique naturelle. On a démontré les avantages que comporte l'emploi du pyrophosphate neutre de sodium pour retarder la précipitation du phosphate de calcium dans les systèmes purs et dans les sols calcaires.

En Syrie et dans les pays voisins, les cultures pluviales traditionnelles nécessitent le labourage périodique des champs utilisés pour la production de blé et d'autres céréales. De concert avec l'ICARDA, le ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire de la Syrie a marqué des progrès dans le développement de systèmes de culture comprenant diverses combinaisons de légumineuses en rotation avec les cultures céréalières traditionnelles. Les scientifiques de ce pays ont étudié la distribution de l'eau et le degré nutritif dans les sols en fonction des cultures, de la rotation et de la fréquence des labourages, et ils ont sélectionné, à partir d'un grand volume de céréales, de légumineuses alimentaires et de graines oléagineuses le matériel génétique obtenu de l'ICARDA et d'autres sources dans le monde.

Conquête du désert

L'un des projets les plus ambitieux du programme est celui entrepris par les scientifiques de plusieurs universités et ministères de l'Égypte qui cherchent des moyens d'établir des petites fermes dans le désert. Si cette entreprise réussit, elle pourrait avoir des retombées inimaginables pour de nombreux pays tropicaux aux terres arides. L'Égypte, qui a déjà été le grenier de la Méditerranée, devra réaménager et mettre en culture de vastes étendues désertiques si elle veut atteindre à l'autosuffisance en matière alimentaire. Les instigateurs de ce projet envisagent d'utiliser *Casuarina* et d'autres espèces d'arbres pour protéger les sols fertilisés par l'introduction d'herbes à pâturage et de légumineuses fourragères résistantes cultivées avec un minimum d'irrigation et qui, si elles sont labourées de nouveau et données à brouter de façon rationnelle par les moutons, permettront d'obtenir une couche arable propice à la production éventuelle de cultures alimentaires et fourragères. Ce programme profitera des résultats des travaux de recherche sur *Casuarina*, les cultures fourragères et l'efficacité des fertilisants déjà traités dans la présente section. Les méthodes de restauration des sols proposées sont considérées comme pratiques et économiques et ne nécessiteront pas l'emploi de substances chimiques coûteuses employées ailleurs dans la région pour augmenter la rétention d'eau des sols. Une fois la couche arable obtenue, on étudiera la culture de diverses combinaisons de céréales

et de légumineuses, en alternance avec le broutage limité des pâturages cultivés.

L'exécution de ce programme a commencé à deux endroits, d'abord près de Sadatville, où l'on effectuera des recherches agricoles en même temps que des travaux d'aménagement rural visant à tirer le profit maximal des ressources disponibles. On construit un laboratoire de recherche sur les déserts, composé entièrement de briques d'argile fabriquées localement, où pourront loger les scientifiques visiteurs.

Recherches zootechniques

Depuis les temps les plus reculés, les moutons, les chèvres et les chameaux ont servi à nourrir et à vêtir les habitants du Moyen-Orient, région caractérisée par un pastoralisme où l'on faisait appel aux animaux dans des systèmes de production équilibrée. Comme ailleurs, le personnel de la Division s'est surtout efforcé d'améliorer les pâturages par la culture de graminées et de légumineuses fourragères bien adaptées et de compléter le fourrage brouté et récolté par des sous-produits de l'agriculture et des industries et ménages ruraux qui sont impropres à la consommation humaine directe.

L'Institut de recherche en production animale d'Égypte évalue la capacité d'adaptation et les qualités nutritives de diverses cultures fourragères introduites, notamment l'herbe à éléphant *Pennisetum purpureum*, diverses espèces de trèfle et d'autres légumineuses de pâturage, dans divers sols et conditions écologiques. L'herbe à éléphant et plusieurs espèces du genre *medicago* cultivé ont un potentiel de production supérieure de matière sèche dans les conditions existantes. Après six coupes, l'herbe à éléphant a produit jusqu'à 70 t/ha de fourrage vert pendant les six mois d'été. Nourris seulement de cette espèce, les bufflonnes égyptiennes ont produit jusqu'à 7 kg de lait par jour et les Holstein-Friesians jusqu'à 9 kg, et les bovins locaux ont gagné 500 g/j en poids.

Ce projet d'amélioration des pâturages est complété par une étude de l'Université d'Alexandrie visant à améliorer la digestibilité et la valeur alimentaire d'une vaste gamme de sous-produits agricoles par des traitements physiques, chimiques et microbiologiques. Le traitement alcalin augmente la digestibilité de matières lignocellulosiques comme les troncs d'arbres, la bagasse de la canne à sucre et les tiges et la paille des plantes oléagineuses et des céréales. L'usage de la soude caustique (hydroxyde de sodium), l'alcali le plus souvent recommandé, est de toute évidence inapproprié en milieu rural pauvre dans les pays en développement. La soude caustique est coûteuse, elle est fabriquée dans relativement peu de pays et son action très corrosive présente un danger, en particulier pour les jeunes enfants. En conséquence, les Égyptiens évaluent l'efficacité de solutions alcalines dérivées des cendres de bois brûlé et d'autres combustibles solides, qu'on trouve dans presque tous les villages. On étudie également plusieurs nouvelles façons d'ensiler les produits agricoles, dont un mélange de paille et d'urée couvert de pulpe de citron afin d'absorber l'ammoniac qui s'en dégage. L'utilisation de paille finement hachée et de noyaux de dattes moulus comme nourriture pour les animaux semble vouée à un avenir prometteur.



Recherches effectuées par l'Université d'Alexandrie (Egypte) pour améliorer la digestibilité et la valeur nutritive d'une grande variété de sous-produits agricoles.

Des projets connexes sont encouragés au Soudan, pays qui produit de grandes quantités de mélasse, de bagasse et d'autres sous-produits inutilisés. Il en est de même en Syrie, où les tiges de céréales et d'autres sous-produits subiront un traitement alcalin pour être ensuite données en nourriture aux moutons, aux chèvres, aux bovins et aux vaches laitières. Ces projets et d'autres programmes mis en oeuvre dans la région pourraient bien profiter des résultats des recherches effectuées en Thaïlande sur les fongus lignocellulosiques, décrites sous la rubrique de l'Asie.

Recherches sur les pêches

Au Moyen-Orient, quatre projets sont subventionnés (un en mariculture et trois en aquaculture continentale). Depuis le début des temps, l'huître perlière du genre *Pinctada* (pintadine) est pêchée dans les eaux peu profondes de la baie de Dongonab, sur la côte de la mer Rouge, au Soudan. Et la nacre iridescente de la paroi interne de sa coquille constitue depuis de nombreuses années la matière première pour une importante industrie d'artisanat. En effet, on estime à au moins 1 000 tonnes de coquilles par année la demande des artisans locaux et des fabricants étrangers de boutons et de pièces d'artisanat. Mais en 1969, ces huîtres se sont soudainement

mises à périr en grand nombre, sans raison apparente. Quelle que soit la cause de cette mortalité, la maladie s'est répandue rapidement à cause de la forte densité des populations touchées.

Les halieutes de la Société de recherches agricoles de Khartoum travaillent à mettre au point des systèmes ostréicoles afin d'éviter la surpopulation typique du milieu naturel et donc de prévenir une récurrence des taux de mortalité élevés. Une production plus élevée et plus saine peut probablement être obtenue par l'emploi de systèmes de culture sur radeaux ou plateaux, décrits ailleurs dans cette publication.

Le Soudan, le plus grand pays d'Afrique, compte près de 4 millions d'hectares d'eau douce. Cette grande masse d'eau est en grande partie inexploitée comme source de poissons comestibles, à l'exception des espèces sauvages indigènes. Le gouvernement de ce pays vise actuellement à augmenter de 2 à 10 kg la consommation de poissons par habitant, objectif qui nécessitera une grande activité piscicole dans un avenir prévisible.

La Section de recherches hydrobiologiques et halieutiques de la Société de recherches agricoles, responsable des recherches en aquaculture, a fondé une station à El Shergara, près de Khartoum, afin de mettre au point des systèmes de polyculture. On y élève les espèces bien établies *Tilapia nilotica* et *Labeo niloticus* (perche du Nil), ainsi que diverses sous-espèces exotiques de la carpe.

Les stocks des 5 espèces d'intérêt ont été maintenus, tandis que les alevins des espèces indigènes sont capturés dans le Nil. Les tentatives en vue de provoquer la fraye par l'injection d'hormones dans la carpe de roseau ont été encourageantes et des études sont en cours sur le taux de croissance des poissons nourris par des aliments composés provenant de sous-produits agricoles. On étudie également le rythme de croissance et la composition du plancton selon divers fertilisants.

Depuis des milliers d'années, les poissons du Nil constituent l'aliment principal des Égyptiens. Le stock de poissons du delta du Nil a diminué de manière appréciable depuis la construction du barrage d'Assouan et les prises dans le lac Nasser (environ 23 000 t/an) sont loin de suffire à la demande. Non satisfaits de posséder des lacs peu profonds d'une superficie de 300 000 ha, les Égyptiens ont construit des canaux d'irrigation d'une longueur totale dépassant 2 000 km environ. Dans tout ce réseau, l'aquaculture en cages flottantes semble être un très bon moyen d'augmenter la production de poissons comestibles. L'Institut d'océanographie et des pêches établit des cultures en cages flottantes et en enclos et des parcs de filets dans plusieurs lacs continentaux.

Depuis 1978, des cages flottantes à armature de métal et des filets à mèche fine maintenus par des fûts de métal sont peuplées de carpes communes en différentes quantités. Les résultats montrent que les gains de poids chez les poissons varient selon la densité des populations et que, dans certains cas, la mortalité peut résulter de la présence dans les lacs de pesticides agricoles.

L'étude de deux espèces de *Tilapia* a montré que *T. nilotica* a gagné plus de poids que *T. galilea*, soit de 83 à 354 g en trois mois.

Il est particulièrement important d'assurer la survie des jeunes. Les premiers résultats obtenus indiquent que les systèmes d'alimentation et de gestion étudiés favorisent un taux de survie élevé chez les alevins du mullet (*Mugil capito*) et de la carpe commune.

Les recherches sur la culture en parcs de filets dans le lac Burullos ont été précédées d'études limnologiques et de la cueillette de données sur l'état et la composition de l'eau dans 26 stations. Des analyses de la composition chimique de l'eau et de la nature du phytoplancton et du zooplancton ont été effectuées et trois enclos, d'une superficie de 2 hectares chacun, ont été peuplés de deux espèces de mullet (*M. cephalus* et *M. capito*) et de dorade (*Chrysophrys aurata*).

L'exécution d'un projet plus complexe et plus difficile dans le réservoir de Keban, sur l'Euphrate, en Turquie, nécessite des études biologiques, physiques et limnologiques. Ce projet vise la mise au point de méthodes de stockage, de gestion, de conservation et de capture de diverses espèces de poissons dans ce lac artificiel. Lorsque ce projet sera réalisé, les poissons capturés pourront constituer une source appréciable d'alimentation, d'emploi et de revenus pour la population rurale voisine. L'existence de routes en bon état facilite l'expédition rapide des surplus de poissons (une fois les besoins locaux comblés) vers les marchés urbains d'Ankara.

Recherches sur les systèmes post-production

Même si les lentilles, les pois chiches et les fèves sont des éléments importants des régimes alimentaires en milieu rural depuis des siècles, relativement peu d'études ont été consacrées aux propriétés qui influent sur la valeur nutritive et culinaire et l'acceptabilité des légumineuses. On n'a pas accordé beaucoup d'importance non plus au perfectionnement des techniques post-production : le stockage et le traitement. A l'Université d'Alexandrie, on tente de combler ces lacunes et en particulier d'établir le rapport entre le phénotype, le milieu agronomique et les conditions de culture et de stockage des principales légumineuses d'une part et leurs propriétés biologiques et chimiques qui influent sur leur cuisson, leur valeur nutritive et leurs autres qualités essentielles d'autre part. Ces efforts font partie du projet égyptien d'amélioration des légumineuses : les universitaires étudient des échantillons de légumineuses prélevés dans le cadre du programme de reproduction et de sélection et de nombreux autres échantillons provenant de 50 fermes et sites de stockage expérimentaux de la Haute-Égypte et du delta du Nil. On a également étudié les effets de différentes conditions de stockage sur les qualités culinaires par suite de modifications apportées aux méthodes traditionnelles de cuisson des fèves.

A partir des résultats des programmes de production du sorgho au Nigeria, au Botswana, en Éthiopie et ailleurs, le Centre de recherches sur l'alimentation de Khartoum met à l'essai cinq machines afin de déterminer laquelle semble la plus appropriée au décorticage de la graine de sorgho dans les villages ruraux du Soudan. L'appareil qui se sera révélé le plus satisfaisant à la suite des essais en laboratoire sera installé dans au moins un moulin à sorgho en milieu rural.

Entre 22° et 33° de latitude, soit les limites nord et sud de l'Égypte, pays qui connaît 3 600 heures en moyenne d'ensoleillement par année, le rayonnement solaire varie entre 700 et 900 kcal/m²/h. Ainsi, la déshydratation et le séchage des cultures alimentaires par l'action directe du soleil fait partie d'une longue tradition, dont les inconvénients hygiéniques et techniques ont déjà été traités. Au Laboratoire d'étude de l'énergie solaire du Conseil national de recherches du Caire, plusieurs prototypes de capteurs solaires et de séchoirs par convection ont été conçus et fabriqués et leur valeur technique et économique est actuellement évaluée pour la déshydratation du poisson et de plusieurs légumes en divers endroits en Égypte.

Les données recueillies aux divers sites comprennent l'intensité du rayonnement solaire, la vitesse moyenne des vents selon les saisons, l'intensité des pluies, la température de l'air, l'humidité relative et des informations sur la production, les périodes et les conditions de récolte, l'état et la composition chimique de divers produits agricoles et des pêches pouvant être appropriés au séchage solaire. En fonction de ce qu'on pourrait appeler la demande optimale, on a conçu un séchoir consistant en une chaufferette d'une capacité de 800 m³ d'air par heure actionnée par un ventilateur centrifuge. L'air chauffé déshumidifie le produit traité, qui est étendu sur des supports en fil d'acier inoxydable fixés aux murs de la chambre de séchage.

Les études de la demande ont permis de déceler une contradiction déjà connue : les organismes gouvernementaux préféreraient fabriquer des séchoirs de grande capacité conçus pour des populations importantes, alors que les fermiers désiraient des séchoirs de moindre capacité pouvant être possédés et utilisés par une famille. L'appareil décrit ci-dessus devrait répondre aux normes gouvernementales. Pour le petit fermier, le Laboratoire d'étude sur l'énergie solaire a conçu un prototype de petit séchoir fonctionnant par convection, qui sera soumis à des essais sur le terrain en plusieurs endroits et dans diverses installations. A cet égard, une collaboration s'est établie entre les Égyptiens et les instigateurs d'autres projets subventionnés par le CRDI, notamment pour le séchage des oignons au Niger et la déshydratation du poisson en Indonésie, au Mali, aux Philippines et en Thaïlande. Des essais sont effectués sur le terrain par un groupe d'organismes intéressés, y compris le gouvernorat d'Assouan au lac Nasser (création d'un village pour la réadaptation de blessés de guerre), l'Université Sharkia et à Kafrlelao, dans le gouvernorat de Giza, où l'on se propose d'expérimenter la déshydratation des légumes et d'étudier la faisabilité du séchage du trèfle d'Alexandrie comme fourrage.

Les pénuries saisonnières de main-d'oeuvre agricole ne sont pas rares, même si, selon toute apparence, la population de l'Égypte et d'autres pays du Moyen-Orient est grande et augmente rapidement. Il est donc essentiel d'atteindre une mécanisation appropriée si l'on veut assurer une productivité maximale, des récoltes efficaces et le stockage et la distribution des principales cultures alimentaires. Au début de 1978, la société Beheira, organisation paragouvernementale dont le siège est à Alexandrie, a entrepris la mise au point d'un système de mécanisation intégré pour petite ferme. Un moteur diesel de 12 hp (9 kw) à usages multiples actionne diverses machines agricoles, dont une batteuse, des semoirs, des plan-

teuses, des pulvérisateurs, des pompes d'irrigation et un véhicule utilitaire d'une capacité d'une demi-tonne. Après sélection du moteur, une batteuse à riz, mise au point aux Philippines, a été modifiée et simplifiée considérablement pour le battage du blé, de l'orge et du sorgho égyptiens, processus nécessitant le tri efficace des grains d'avec la paille finement hachée (tibn) utilisée comme fourrage en Égypte. Les nombreuses modifications effectuées comprenaient notamment la réduction de la distance entre les couteaux fixes et les couteaux mobiles, la reconception des tamis, la séparation du logement du ventilateur en deux parties branchées chacune à une arrivée d'air afin d'augmenter la vitesse de ventilation nécessaire pour trier la paille finement hachée, ainsi que d'autres modifications visant à réduire le coût de fabrication. Non seulement ce prototype de la société Behera a été accepté par les fermiers égyptiens, mais il lui a permis de remporter un concours international. Plus de 580 exemplaires de cette batteuse seront fabriqués par cette société, grâce au financement assuré par la Banque mondiale.

Des essais sur le terrain ont été entrepris en Haute-Égypte, où le sorgho, les légumineuses alimentaires et le blé sont cultivés, et dans le moyen-delta, où l'on fait pousser le maïs, le blé, le coton et le riz. Dans chaque cas, des modifications ont été faites pour répondre aux besoins locaux. Des travaux sont en cours pour la mise au point d'une pompe d'irrigation à écoulement axial et d'un pulvérisateur qui seront actionnés par l'unité d'entraînement ; ces dispositifs sont également mis à l'essai sur le terrain pour la plantation du blé, de l'orge, du coton, du maïs et du trèfle d'Alexandrie.



Essais de la batteuse Behera sur une ferme gouvernementale près de Tanta (Égypte).

Les coopératives agricoles d'Égypte financent l'achat du système Beheira par les communautés rurales. La batteuse et d'autres composantes du système pourraient être bientôt distribuées dans le cadre d'autres projets financés par le CRDI au Soudan, en Éthiopie, au Botswana et en Tanzanie, où les techniciens de Beheira serviraient de conseillers. A presque tous les points de vue, cette réalisation s'est révélée un investissement très profitable et montre qu'il est avantageux d'effectuer des recherches appliquées en collaboration directe avec les utilisateurs éventuels du milieu rural plutôt que dans un laboratoire isolé.

Asie

L'Asie est le plus grand de tous les continents, couvrant 45,82 millions de kilomètres carrés, soit 30 % de toutes les terres de notre planète. La population totale de l'Asie était estimée en 1970 à environ 970 millions de personnes et devrait atteindre 1,5 milliard en 1985, soit 60 % de la population mondiale. De tous les continents, l'Asie est le plus varié aux plans de la topographie et des conditions climatiques. Il possède le plus haut sommet, le mont Everest, qui s'élève à 8 800 mètres, et la dépression continentale la plus profonde, le lac Baïkal, qui a une profondeur de 1 600 mètres et dont le fond se trouve à 1 300 mètres au-dessous du niveau de la mer. Les précipitations varient de moins de 10 cm/an dans les déserts de l'ouest et du centre, à plus de 1 200 cm dans la zone équatoriale.

Bien que l'Asie englobe des zones de froid extrême, c'est dans ses régions tropicales de l'ouest, du sud et du sud-est que s'applique le programme du CRDI. Par suite de la signature récente d'une entente avec la République populaire de Chine, les recherches pourraient bientôt s'étendre à d'autres milieux agroclimatiques.

Les habitants ruraux de l'Asie sont parmi les plus pauvres de la terre. Vingt-deux pays asiatiques sont classés comme pays moins avancés (PMA), 7 comme pays les moins avancés (PLMA); et 10, comme pays les plus gravement touchés (PGT).

Si l'on exclut le Japon, le revenu annuel moyen par personne dans toute l'Asie était en 1977 d'environ 240 \$ US, avec une moyenne par pays variant d'environ 110 \$ en Birmanie à plus de 850 \$ en Corée du Sud. Environ 80 % des Asiatiques habitent les campagnes, et 70 à 80 % d'entre eux vivent entièrement de la terre. Par conséquent, la majeure partie de l'économie asiatique dépend de l'agriculture, pratiquée surtout dans de petites exploitations. Les céréales alimentaires, principalement le riz (60 % du riz produit dans le monde provient de l'Asie), des légumineuses et des plantes-racines fournissent la majeure partie des denrées essentielles. Malgré d'importantes augmentations de la production de riz et de blé au cours des dernières années, l'Asie souffre d'un déficit céréalier généralisé, qui doit atteindre 46 millions de tonnes par année en 1985. Il faut donc un engagement politique accru et de plus grands investissements dans la recherche et le développement agricole partout en Asie pendant de nombreuses années à venir.

Plusieurs pays ont démontré les bénéfices provenant d'une action vigoureuse dans le domaine agricole. En Inde, par exemple, la recherche et le développement dans ce domaine semblent être le moteur du développement économique. Les avantages considérables de la recherche en vue

d'améliorer le blé et le riz illustrent quel genre de résultat on obtiendrait si des investissements équivalents étaient consacrés à la recherche sur les légumineuses, les oléagineux, les plantes-racines et les tubercules.

La consommation optimale des céréales et des légumineuses est d'un rapport de deux parties en poids de céréales à une de légumineuses, proportion à laquelle leurs protéines se complètent du point de vue nutritif. Les chercheurs n'ayant guère étudié la production des légumineuses, les rendements sont faibles ; par conséquent, les exploitations ont réduit leurs plantations de légumineuses et d'oléagineux, et, partout en Asie du Sud et en Asie du Sud-Est, le rapport actuel des céréales et des légumineuses est d'environ de 9 à 1.

Comme sur les autres continents, la majeure partie des investissements du programme de la Division en Asie sont allés à la recherche relative aux cultures, y compris un réseau de projets sur les systèmes culturaux, et plusieurs projets de recherche consacrés à des espèces jusqu'à présent négligées comme les variétés mineures de millet, les oléagineux, les plantes-racines et plusieurs autres légumineuses. Beaucoup plus intéressante pour la recherche sur les systèmes culturaux dans le monde est la méthode de recherche mise au point par l'IRRI, continuellement améliorée, modifiée et adaptée aux besoins et aux ressources des pays.

Quelques-uns des résultats les plus spectaculaires sont dus à la recherche en aquaculture et en mariculture, et l'expérience ainsi acquise est actuellement adaptée sur les autres continents. Un réseau auquel le CRDI a coopéré avec plusieurs autres organismes donateurs a donné lieu à une méthode toute nouvelle de recherche en matière de systèmes post-récolte. La recherche en foresterie a reçu un appui moins important : en effet, il y a relativement moins de projets en Asie, bien que leur nombre doive bientôt augmenter avec le lancement de plusieurs études sur l'amélioration du bambou et du rotin. La zootechnie a commandé le plus petit nombre de projets, mais la recherche en ce domaine devrait bientôt connaître un regain avec la nomination d'un nouveau directeur associé de la zootechnie qui a vécu plusieurs années en Asie.

Le tableau 4 présente le total cumulatif des projets et les sommes attribuées à onze pays asiatiques.

Recherches sur les pêches

L'aquaculture

Selon les chroniques les plus anciennes, l'aquaculture des espèces d'eau douce, d'eau saumâtre et d'eau salée est pratiquée depuis toujours en Asie. Jusqu'à récemment, toutefois, les améliorations dans ce domaine découlent plus de l'empirisme que d'études scientifiques systématiques. Bien que d'autres organismes s'intéressent à ce domaine, la SAAN a dès le début encouragé les recherches sur l'aquaculture plus que tout autre organisme de développement.

La pisciculture peut donner de bons rendements, particulièrement dans les lacs intérieurs, les étangs et cours d'eau proches des villages et les

Tableau 4. Nombre de projets et total des affectations en Asie.

Pays	Cultures et systèmes cultureaux		Pêches		Zootechnie		Foresterie		Systèmes post-production	
	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets
Bangladesh	903,5 (65%)	3 (50%)					183,7 (13%)	1 (17%)	310,9 (22%)	2 (33%)
Corée									276,9 (100%)	3 (100%)
Inde	4 109,6 (78%)	13 (76%)	373,1 (7%)	1 (6%)					755,3 (15%)	3 (18%)
Indonésie	426 (27%)	2 (18%)	457,1 (29%)	2 (18%)	98,4 (6%)	1 (9%)	29,1 (2%)	1 (9%)	561,1 (36%)	5 (46%)
Malaysia	363,1 (28%)	1 (12,5%)	746,5 (57%)	5 (62,5%)	99 (8%)	1 (12,5%)			96,3 (7%)	1 (12,5%)
Pakistan	376,1 (100%)	1 (100%)								
Papouasie-Nouvelle Guinée	140,2 (100%)	1 (100%)								
Philippines	6 338 (67%)	13 (46%)	1 354 (14%)	4 (14%)			288 (3%)	1 (4%)	1 471,6 (16%)	10 (36%)
Singapour			599,5 (82%)	3 (60%)					133 (18%)	2 (40%)
Sri Lanka	1 412,6 (93%)	7 (88%)	109,7 (7%)	1 (12%)						
Thaïlande	1 552,3 (57%)	4 (21%)			401,4 (15%)	3 (16%)			789,4 (28%)	12 (63%)

estuariers et autres eaux côtières calmes. Étant donné que les poissons utilisent relativement peu de calories pour maintenir leur température corporelle, ils convertissent généralement mieux la nourriture en chair que les animaux terrestres. De plus, un grand nombre de plantes aquatiques dont se nourrissent les poissons utilisent les rayons solaires avec une plus grande efficacité photosynthétique que les plantes terrestres. La pisciculture est évidemment plus sûre que la pêche en mer, et lorsqu'elle est contrôlée de façon scientifique, le rendement est plus prévisible. Elle peut être avantageusement intégrée à d'autres systèmes de production agricole et artisanale en milieu rural ; les espèces sont choisies en fonction de leur capacité d'assimiler une grande diversité de déchets et de sous-produits agricoles, dont certains sont impropres à la consommation des animaux domestiques terrestres.

En Asie, la méthode traditionnelle commence la plus souvent par la récolte d'alevins dans les eaux peu profondes et les frayères. Comme ce procédé archaïque de capture au filet est peu sûr, inefficace et cause de mortalité relativement élevée, c'est le domaine de la " reproduction en captivité " que la Division a choisi de subventionner en Asie.

On connaissait très bien la répugnance de certaines espèces de poissons à frayer en captivité. Mais il avait été démontré, d'abord au Brésil, que la ponte des oeufs pouvait être provoquée en injectant dans les femelles gravides des extraits pituitaires bruts ou d'autres sources de gonadotrophine. Pour répondre aux besoins en gonadotrophine hypophysaire dans toute l'Asie, le Centre, grâce à un contrat avec la Fondation de recherche de la Colombie-Britannique et en collaboration avec un important conditionneur de saumon de la côte ouest du Canada, a obtenu d'importantes quantités de glandes pituitaires de saumon du Pacifique dont on a extrait des hormones au moyen d'une méthode mise au point par l'Office canadien des recherches sur les pêcheries. Cette acquisition a permis de mettre en marche plusieurs projets asiatiques de reproduction provoquée dans le cadre desquels, par la suite, des extraits hypophysaires d'espèces indigènes se sont avérés aussi efficaces, sinon plus, que les hormones de saumon.

En Malaisie, l'aquaculture constitue une source relativement économique et sûre de protéines ; les élevages sont pratiqués dans les eaux intérieures, naturelles ou formées par de grands barrages, des digues ou les excavations des mines d'étain. La production a été d'environ 42 000 tonnes de poissons en 1980, et on cherche à l'élever à plus de 50 000 tonnes en 1985. Il faudra au moins 10 millions d'autres alevins de carpes chinoises, de carpes locales et d'autres espèces acceptées pour atteindre cet objectif. La Malaisie importe au moins 25 millions d'alevins de carpes chinoises chaque année. Dans le projet entrepris à Malacca par l'Institut de recherche et de développement agricoles de la Malaisie (MARDI), la carpe chinoise et d'autres espèces locales de carpe se sont reproduites en captivité. La carpe argentée et la carpe à grosse tête peuvent frayer avec 80 à 90 % de succès, et l'on est parvenu mais avec un peu moins de succès à provoquer le frai de la carpe des roseaux. On a aussi élevé le taux d'éclosion et de survie des alevins, principalement grâce à l'élevage de daphnies et de rotifères, qui forment l'essentiel de la nourriture des jeunes. On a également provoqué le frai d'espèces locales très bien acceptées. Les progrès récents ont été très impres-

sionnants, bien que les techniques de frai doivent être perfectionnées et normalisées en fonction des conditions saisonnières, climatiques et environnementales de ces régions.

L'Université de Sains Malaysia étudie actuellement d'autres sources de gonadotrophine, notamment les hypophyses des thons pêchés sur la côte ouest de la péninsule. On a effectivement découvert que les hypophyses de la carpe ordinaire provoquent le frai chez la plupart des espèces qui intéressent les pisciculteurs de Malaysia. Il reste donc à savoir si l'on peut recueillir et extraire suffisamment d'hypophyses de carpes ordinaires pour satisfaire à la future demande. D'autres recherches doivent être effectuées sur les facteurs influant sur les stocks d'embryons, la survie des alevins ainsi que le taux de croissance et de développement des jeunes et des adultes des espèces cultivées. On a un urgent besoin de connaissances supplémentaires sur les besoins nutritifs des espèces cultivées à toutes les étapes de la croissance et du développement, et dans toutes les conditions environnementales auxquelles elles sont soumises. Au laboratoire de recherche sur l'alimentation de Malacca, les résultats indiquent que les alevins ont besoin de nourriture vivante au moins pendant les 10 à 14 jours après l'absorption de la membrane vitelline et que, même que si les régimes composés et synthétiques permettent une croissance et une survie raisonnables chez certaines espèces, chez d'autres, notamment la carpe à grosse tête et la carpe argentée, les aliments synthétiques ont entraîné des anomalies probablement causées par une carence en certains micronutriments. Des résultats récents indiquent cependant que les aliments vivants peuvent être produits en culture quasi continue par la fertilisation organique et inorganique des eaux.

Bien que chacun des projets d'aquaculture et de mariculture subventionnés par le CRDI ait enrichi les connaissances dans ces domaines, il est évident qu'il faudrait créer un centre de recherche internationale en aquaculture doté de ressources scientifiques, physiques et humaines comme il en existe pour l'agriculture. L'embryon d'un tel centre se trouve au Centre de développement des pêcheries du Sud-Est asiatique (SEAFDEC), dont les nombreuses stations de recherche ont été financées principalement par le gouvernement des Philippines, et, à un moindre degré, par le gouvernement japonais, et, plus récemment, par le CRDI. L'ordre de priorité des recherches en aquaculture qui devraient être entreprises et coordonnées par le SEAFDEC est inclus dans les recommandations de la mission d'étude asiatique en aquaculture financée par le CRDI.

Le chanos

Tout en continuant d'encourager les organismes donateurs à appuyer la recherche aquicole globale et internationale, la SAAN a concentré ses études aux Philippines sur le chanos (*Chanos chanos*), projet couronné de succès.

Bien qu'ils paraissent être concentrés dans les eaux de l'Asie du Sud-Est, les chanos se trouvent aussi dans la mer Rouge, le long de la côte est de l'Afrique, dans les océans Indien et Pacifique, ainsi que sur la côte du Mexique. Le cycle de vie du chanos est à peu près l'inverse de celui du saumon du Pacifique. Les femelles adultes pondent leurs oeufs dans les

eaux côtières peu profondes, et les jeunes remontent les rivières d'eau douce et, le moment venu, retournent en haute mer, où ils atteignent la maturité. On dit que l'élevage des chanos, qui a commencé par la capture au filet des alevins dans les eaux côtières, débuta à Java avant le XV^e siècle. Il y a maintenant des étangs de chanos aux Philippines, en Indonésie, à Hawaï, au Vietnam, dans le delta du Rewa en Inde, à Taïwan, dans les îles Fidji et dans les Îles Gilbert. Collectivement, les Philippines, l'Indonésie et Taïwan cultivent plus de 250 000 tonnes de chanos dans des eaux saumâtres et des eaux douces, pour une valeur de plus de 100 millions de dollars par année.

Le chanos se prête à divers systèmes culturaux. Ce poisson s'adapte à l'eau douce, à l'eau saumâtre et à l'eau de mer. Il est essentiellement herbivore et croît rapidement dans des parcs de filets ou des cages flottantes aussi bien dans les eaux eutrophiques des réservoirs, des digues, et les puits de mines abandonnées que dans les lagunes d'eau saumâtre et les étangs naturels. Se nourrissant de benthos et d'algues filamenteuses, le chanos peut atteindre une taille commerciale dans un étang côtier de moins de 1 mètre de profondeur. Robuste, il s'adapte à toutes les conditions. Malheureusement, les femelles ne pondent pas en captivité, et l'approvisionnement en alevins pondus naturellement est tout à fait inadéquat pour répondre à la demande actuelle et future de l'aquaculture.

Bien qu'un certain nombre d'essais précédents n'aient pas réussi, les chercheurs du projet financé par le CRDI dans les Philippines ont réussi à provoquer la ponte naturelle chez une femelle chanos en captivité. Cette réalisation a eu lieu pour la première fois en 1977 en injectant un mélange



Alevins provenant de la reproduction provoquée de chanos au SEAFDEC.

d'extrait d'hypophyse de saumon séché à l'acétone et de gonadotrophine chorionique humaine. De tous les oeufs fécondés pondus et incubés, 45 des larves ont atteint le stade d'alevins, et 25 ont survécu et atteint un poids de 1 kg. Cette expérience a été répétée en 1978 à la station de recherche de Tigbauan du SEAFDEC, où l'on a fécondé et fait éclore artificiellement des oeufs de chanos. Parmi les larves qui ont ainsi été produites, celles qui se sont nourries d'aliments artificiels sont mortes 4 ou 5 jours après leur naissance, tandis que celles qui se nourrissaient naturellement des aliments aquatiques présents dans l'eau, comme *Chlorella* et *Brachionus*, ont survécu. Par la suite, on a domestiqué une population de chanos sauvages que l'on a fait reproduire dans des bassins expérimentaux à Pandan. Des taux de survie variant de 81 à 97 % ont été atteints au cours du transport du milieu naturel au milieu domestique. Les jeunes chanos provenant d'alevins naturels mais élevés dans des bassins d'élevage sont si bien domestiqués qu'ils sont nourris à la main, ayant appris à associer l'heure des repas au claquement de deux tiges de bambou.

La différenciation des sexes dès le plus jeune âge a été rendue possible grâce à la découverte suivante : les mâles ont une ouverture anale et une ouverture urogénitale séparées, les femelles en ont trois : anale, urinaire et génitale. Les résultats des expériences en alimentation indiquent que les algues microbenthiques sont une bonne source d'aliments naturels à tous les stades de croissance des chanos élevés en étang. On étudie actuellement la réaction des adultes à des granulés synthétiques.

Des études de polyculture (plusieurs espèces dans le même enclos) ont indiqué un taux de croissance élevé lorsque les crevettes roses ont été associées aux chanos dans un rapport d'environ 25 à 1. Cette combinaison sert à accroître la capacité limite du bassin, puisque ces deux espèces ne sont pas des concurrents alimentaires. Dans le lac d'eau douce de Binangonan, la production de chanos était en moyenne de 5 tonnes par hectare par récolte, mais le rendement a été inférieur dans les eaux troubles qui ne semblent pas favoriser la croissance du phytoplancton.

Des études socio-économiques ont montré que la culture du chanos fournit des emplois directs à environ 170 000 travailleurs philippins : la moyenne de la production est approximativement de 600 kg/ha/an et la saison de pointe pour la collecte d'alevins se situe d'avril à juin. Cette étude a également établi la moyenne et la fourchette des prix des alevins et des poissons commercialisables, les investissements et les frais d'exploitation nécessaires pour différentes échelles de production, la disponibilité des crédits, ainsi que les profits moyens des élevages en étangs et de la culture dans des cages à filet. L'ordre de priorité de la recherche comprend l'augmentation de la production d'oeufs, la réduction de la mortalité en cours d'élevage chez les jeunes, le développement des embryons de façon à obtenir des chanos femelles pour les écloséries, et l'amélioration des techniques de culture et de gestion. Des milieux aquatiques différents nécessitent des systèmes de gestion différents, et l'on entreprend actuellement un travail sur la culture en cages dans des lacs artificiels et d'autres vastes étendues d'eau.

Mariculture

Singapour compte 2,2 millions de personnes vivant sur une superficie de 580 km² et importe environ 75 000 tonnes de poisson par année et la mariculture intensive semble être le seul moyen de réduire sa dépendance des approvisionnements provenant de la haute mer. Il est donc réconfortant de voir que deux projets de mariculture entrepris par le ministère de la Production primaire du gouvernement de Singapour ont donné des résultats prometteurs. Chaque étude portait sur l'établissement d'un système d'aquaculture rentable : premièrement, grâce à la culture intensive de poissons de mer en cages et en bassins ; deuxièmement, grâce à l'élevage de moules au moyen de radeaux flottants dans les eaux côtières du détroit de Johore est. Les cages sont maintenues à la surface à l'aide de bidons en plastique recouverts de peinture antisalissure et retenus par des ancres trapézoïdales en béton.

Depuis le début de cette recherche, un nombre croissant d'aquaculteurs et d'exploitants de pièges à poissons palissadés ont entrepris de petits élevages en cages flottantes. En 1977, on a réussi à provoquer la reproduction en captivité d'épinéphèles (*Epinephelus tauvina*) et plus tard de lutjans (*Lutjanus johni*), et maintenant, des poissons de deux ans peuvent frayer toute l'année, selon le stade de développement gonadal. Des études sur l'induction hormonale de l'inversion sexuelle ont également été menées, et des épinéphèles de deux ans peuvent être transformés en mâles fonctionnels grâce à un traitement à la méthyl-testostérone. Ces mâles peuvent servir de géniteurs beaucoup plus tôt que la nature ne l'a prévu chez les poissons non traités.

D'autres espèces commerciales importantes ont été reproduites artificiellement après une étude approfondie de leur cycle de reproduction. Les résultats de la reproduction provoquée de la chimère monstrueuse, espèce commerciale intéressante, ont montré que le frai était lié de près au cycle lunaire. Ces recherches continueront d'assurer un approvisionnement adéquat en poissons d'ensemencement à tous les moments de l'année. Un important problème à résoudre est la mise au point d'un système d'écloserie et de vivier pour la production industrielle de frai. Cela nécessite l'amélioration d'un système de pompage et de filtration de l'eau de mer pour assurer que l'eau de l'écloserie soit exempte de tout organisme contaminant.

Des études sur l'alimentation visent à mettre au point des aliments composés de sous-produits des pêches et des agro-industries pour les poissons adultes. Étant donné la demande en espèces cultivées, qui semblent croître rapidement dans les cages flottantes, le rendement économique éventuel des petites exploitations côtières paraît intéressant, et, comme cela a déjà été mentionné, l'aquaculture est beaucoup moins dangereuse que la pêche en haute mer dans de petites embarcations. Des études préliminaires indiquent un taux de production potentiel de 40 kg/m², ce qui, une fois extrapolé en fonction de la superficie disponible, donne une production approximative de 400 t/ha, pour une valeur totale de près de 4 millions de dollars Singapour par année.

Les moules comptent parmi les animaux qui convertissent le mieux le phytoplancton en chair, et puisqu'ils sont parmi les organismes marins les



Cages flottantes où se sont reproduits naturellement des chanos élevés en captivité.

plus robustes, ils se prêtent très bien à la mariculture extensive. Bien qu'elles aient été cultivées principalement dans les pays d'Europe, les quantités considérables de plancton et les températures élevées des eaux tropicales offrent de bien meilleures possibilités pour la mytiliculture. A l'heure actuelle, cette industrie représente dans les pays asiatiques moins de 5 % de la production mondiale totale. Les habitants du Kampong côtier de Singapour récoltent naturellement les moules qui se fixent aux poteaux de leurs ke-longs ou pièges à poissons. Mais la densité de la population diminue les rendements et, dans certains cas, les mesures sanitaires ne sont pas respectées. La qualité des protéines contenues dans les moules se compare avantageusement aux autres protéines animales, et elles ont généralement plus que tout autre crustacé un pourcentage plus élevé de chair par rapport à la coquille. En fait, les moules sont parmi les meilleurs producteurs de protéines du règne animal. Dans de bonnes conditions, leur production annuelle de protéines par hectare de surface d'eau dépasse de beaucoup les protéines produites par un hectare de soja.

Comme les autres bivalves, le naissain de moules n'est mobile que pendant une brève période après l'éclosion des oeufs ; c'est alors qu'il se fixe à toute surface sous-marine adéquate où il croît en filtrant l'eau pour y trouver sa nourriture. Ce mode d'alimentation sert à concentrer non seulement des sels nutritifs essentiels mais également les organismes pathogènes des eaux polluées. Par conséquent, la mytiliculture, l'ostréiculture et les autres formes de conchyliculture nécessitent un milieu non pollué dans lequel les marées assurent un approvisionnement continu en aliments. Comme pour bien d'autres espèces aquatiques, plus la température de l'eau est élevée, plus la croissance est rapide. Par conséquent, les moules et les

huîtres croissent beaucoup plus vite dans les eaux des tropiques que dans les eaux de latitude Nord.

A Singapour, des études ont été menées sur diverses méthodes de culture, notamment la culture sur radeaux, sur pieux, sur lignes de fond ou sur bouchots ; les élevages suspendus à des radeaux et les lignes de fond semblent les plus prometteuses. Les chercheurs du ministère de la Production primaire ont mis au point un système de mytiliculture très productif consistant en de longues cordes submergées attachées à des radeaux flottants. Étant donné que les moules qui ont atteint la maturité sont très lourdes, il faut des cordes de polyéthylène très fortes. On a cependant découvert que le polyéthylène seul était trop lisse pour permettre au naissain de s'y fixer. C'est pourquoi des nattes de fibres de noix de coco ont été attachées aux cordes de polyéthylène mais suffisamment espacées pour assurer que les moules ne sont pas trop tassées. Ces cordes de polyéthylène et de fibre servent à la fois à capter le naissain et à lui fournir un milieu de croissance qui ne nécessite pas un détroquage subséquent pour les espacer ; ainsi, les frais de main-d'oeuvre sont réduits et jusqu'à 52 kg de moules vivantes sont produits par une corde de 4 m de longueur après 6 mois de culture.

A la lumière d'études biologiques des facteurs influant sur la croissance et la chute du naissain, les chercheurs ont identifié les régions les plus propices au captage et à l'engraissement du naissain. Ces régions se caractérisent par de fortes concentrations de phytoplancton et des courants légers.



Élevage de moules à Singapour.

Ces radeaux sont essentiellement des pontons en bois supportés par des bidons en plastique de 200 litres. La corde de polyéthylène à laquelle sont attachées des nattes de fibre de noix de coco a un diamètre de 14 mm et des nattes de 30 cm sont attachées au centre de chaque tronçon d'un mètre. On suspend quatre cordes par mètre carré; le naissain s'agglutine aux extrémités ouvertes des fibres de noix de coco, ce qui les répartit uniformément sur toute la longueur de la corde.

Dans les eaux de la côte entourant Changi, chaque mètre carré de radeaux produit un quart de tonne de moules au bout de 6 mois, pour un total d'environ 90 tonnes de protéines par hectare de surface d'eau. En comparaison, une bonne récolte de soja produit annuellement environ 0,9 tonne de protéines par hectare.

Ces travaux promettent de déboucher sur un système très productif de mytiliculture, et l'accent est actuellement mis sur le traitement post-production, notamment des études sur la durée d'entreposage des moules fraîches et sur le séchage de la chair de moules.

A Sabah, un premier relevé a permis de repérer les meilleures régions côtières pour l'ostréiculture tropicale, et deux espèces de *Crassostrea* et une espèce de *Iredales* ont été reconnues comme étant très abondantes et propices à la culture. Les techniques de captage du naissain et les systèmes d'élevages suspendus à des radeaux sont maintenant suffisamment perfectionnés pour être montrés aux populations des villages côtiers. La demande relativement élevée d'huîtres laisse entrevoir un rendement satisfaisant par rapport au capital et aux coûts de main-d'oeuvre requis.

La culture en eau douce est loin d'être exploitée de façon adéquate, et un grand nombre d'espèces indigènes des eaux intérieures de l'Asie pourraient être cultivées si l'on connaissait mieux leur caractère biologique fondamental. Au Sarawak, le Ministère d'État à l'Agriculture et au Développement communautaire étudie actuellement les populations d'espèces de poissons indigènes d'eau douce, le milieu écologique et son évolution, ainsi que la baisse des populations de poissons causée d'une part, par des techniques de pêche plus efficaces — des filets de monofilaments — et d'autre part, par la morbidité provoquée par des polluants toxiques et nocifs. Le but ultime de cette étude est d'assurer une meilleure conservation des espèces locales et d'identifier plus précisément les plus appropriées à la culture en cages ou à d'autres systèmes de gestion en eau douce. Les progrès en ce domaine ont été relativement lents, notamment parce que cette étude est unique dans cette région et que les méthodes ne sont pas très au point. D'importantes inondations ont également causé de grandes pertes aux stocks d'embryons lors des essais de culture en cages. Comme dans le cas de plusieurs autres projets financés par le CRDI, le SUCO a apporté une aide précieuse en détachant deux volontaires auprès du projet, qui ne manquera pas d'avoir d'importantes répercussions sur les pêches intérieures dans plusieurs pays du Sud-Est asiatique.

Deux projets de pêche intérieure sont financés en Indonésie; le premier porte sur le contrôle d'importantes infestations et maladies parasitaires naturelles, et le deuxième, sur la mise au point de techniques de cultures d'espèces d'eau douce locales appréciées. Les ectoparasites du genre *Lernea*

ont décimé des espèces libres et cultivées dans les eaux intérieures de Sumatra et d'autres régions du Sud-Est asiatique.

Des études sont en cours sur l'épidémiologie, le cycle biologique ainsi que les facteurs écologiques naturels et artificiels qui favorisent la multiplication de *Lernea* et des ectoparasites connexes. Des progrès ont été réalisés dans la lutte contre *Lernea* grâce à une filtration plus efficace dans les écloseries. L'état d'affaiblissement des poissons intoxiqués par une concentration accrue de pesticides agricoles dans les eaux naturelles semble diminuer leur résistance aux parasites. Un manuel très utile sur la parasitologie des poissons a été rédigé par un expert-conseil de ce projet.

A l'université Pertanian Malaysia, un projet commencé récemment étudie également le cycle biologique de *Lernea* et les moyens de lutter contre cet ectoparasite et les copépodes connexes, minuscules crustacés qui vivent en parasites sur un grand nombre d'espèces de poissons.

L'IFRI, Institut de recherche sur les pêches continentales, de Bogor étudie la biologie, le cycle biologique, l'écologie et la reproduction de plusieurs espèces autochtones en vue de sélectionner celles qui se prêtent le mieux à la reproduction en captivité et à la culture en cages. Les connaissances actuelles ne permettent l'élevage que d'une très petite partie de plus de 1 000 espèces inconnues de poissons d'eau douce comestibles. La recherche sur la lutte contre les parasites — notamment *Trichodina* — des poissons d'eau douce libres ou de culture des Philippines est en cours au Central Luzon State University.

A Sri Lanka, le ministère des Pêches étudie actuellement la possibilité de pratiquer la culture en cages dans les anciens "réservoirs" décrits dans la section des systèmes de culture. La consommation de poissons par personne a récemment diminué à Sri Lanka, suite à la hausse des prix des espèces océaniques. Il y a un potentiel d'aquaculture non exploité dans plus de 10 000 réservoirs (eaux pour irrigation). Le peuplement de ces réservoirs avec des espèces libres n'est pas satisfaisant, car les adultes sont difficiles à pêcher. La culture d'espèces appropriées dans des cages submergées ou d'autres enclos constitue une solution de rechange valable.

Douze cages expérimentales ont été construites à chacun des trois sites de recherche. L'utilisation de filets à mailles fines pour construire ces cages permet l'utilisation d'alevins. Une alimentation composée mise au point par l'Institut de la technologie piscicole est actuellement à l'essai sur des carpes chinoises, et d'autres cages sont construites afin d'augmenter le nombre d'expériences. Des études économiques porteront sur les coûts et le rendement de ces élevages, ainsi que sur les frais de transport, de distribution et de mise en marché.

La gestion de la culture en cages sera éventuellement confiée aux agglomérations qui pratiquent les systèmes les plus productifs décrits dans le programme des cultures asiatiques et à qui l'entreprise profitera sur le plan économique et nutritionnel.

Pisciculture mixte

Le succès de la recherche sur la pisciculture mixte réalisée à Barrackpore

(Inde) par l'Institut central de recherches sur les pêches continentales (CIFRI) a été mentionné dans un grand nombre de publications du CRDI. Avec l'appui financier de la Banque mondiale, le gouvernement de l'Inde procédera à la mise sur pied d'installations pour la production de frai et de banques de frai dans diverses parties du pays afin de multiplier les systèmes de production mis au point à l'Institut et essayés avec succès, avec l'appui du CRDI, dans les États du Bengale-Occidental et d'Orissa.

En quelques mots, le système de pisciculture mixte consiste à peupler les étangs de village avec cinq ou six espèces différentes qui consomment différents éléments nutritifs disponibles. Une des formules les plus approfondies comprenait trois espèces de carpes indigènes et trois espèces exotiques ayant chacune des habitudes alimentaires différentes. Avant de peupler les étangs avec le nombre d'alevins fixé en fonction des proportions prédéterminées, chaque étang est d'abord vidé de tous les concurrents et prédateurs possibles en y jetant des tourteaux composés d'oléagineux locaux contenant un alcaloïde toxique biodégradable appelé Mowrin qui, après avoir détruit les organismes compétiteurs, se désintègre et se neutralise. Les étangs sont alors empoisonnés et régulièrement fertilisés avec des engrais organiques et des phosphates inorganiques pour stimuler la croissance des plantes aquatiques. Les végétaux coupés et les déchets des fermes et des marchés ainsi que du son de riz et d'autres sous-produits agroindustriels sont déposés dans des paniers flottant à la surface des étangs. La carpe de roseau, espèce herbivore, apprend vite à se nourrir au buffet flottant. Avant l'introduction de systèmes polycoles, les étangs de village avaient un rendement d'environ une demi-tonne de poissons par hectare par année, production qui s'élève aujourd'hui à plus de 6 tonnes par hectare.

En plus d'être adoptée par les villages, la pisciculture mixte a attiré l'attention de diverses institutions, notamment l'Institut indien de gestion, des orphelinats et un certain nombre d'écoles dont certaines enseignent actuellement l'aquaculture dans le cadre de leur programme de sciences biologiques. A l'instar de la recherche sur les systèmes cultureux, la recherche indienne sur la polyculture a permis la mise au point d'une excellente méthode de recherche, ainsi qu'à des techniques et à des systèmes de gestion d'élevages qui, avec l'appui du CRDI, peuvent être adaptés à d'autres pays en développement.

Bien que chacun des projets décrits étudie différents aspects de l'aquaculture et de la mariculture, ces deux domaines ont plusieurs points en commun, et c'est pourquoi la Division, par l'intermédiaire du personnel du programme de Singapour, désire établir la collaboration entre les divers participants. Comme il a déjà été mentionné, des progrès notables ont été faits dans le domaine de la reproduction provoquée, bien qu'il reste encore énormément de choses à apprendre sur la physiologie de la reproduction de différentes espèces et sur l'effet de tous les facteurs sur la survie des larves et des jeunes, sur les besoins alimentaires, le taux de croissance et la résistance aux parasites et aux maladies. La Division continuera donc à encourager les pays du Sud et Sud-Est asiatiques et d'autres organismes donateurs à augmenter l'assistance financière du domaine de l'aquaculture et de la mariculture.

Recherches sur les cultures

Polyculture

La polyculture peut se définir comme la production de plusieurs cultures en une même année sur un même terrain et comprend la culture intercalaire ou culture mixte, qui comporte deux ou plusieurs cultures simultanées, la culture à relais, où une deuxième culture est entreprise avant la récolte de la première, et la culture continue, où des cultures additionnelles sont effectuées avant et (ou) après la saison normale de croissance végétale. Étant donné que le riz est la principale culture alimentaire en Asie, la plupart des systèmes cultureux ont été élaborés en fonction des petits producteurs. Le réseau de projets financé en Asie est rattaché à l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), qui, en collaboration avec plusieurs pays asiatiques, a établi une méthode de base et mis à l'essai les divers systèmes proposés pour différentes conditions climatologiques, pédologiques et socioéconomiques.

La recherche sur les systèmes polycultureux commencée à l'IRRI à la fin des années 1960 est demeurée très modeste jusqu'à l'arrivée, en 1971, d'un agronome et d'un économiste agricole rétribués par le CRDI. Le Centre a d'ailleurs maintenu son assistance financière au programme de l'Institut pendant toute la décennie, bien que l'équipe de chercheurs et les travaux entrepris aient atteint une dimension qui dépasse les possibilités d'un seul organisme donateur comme le CRDI.

Depuis le début, l'IRRI a tenté d'établir une méthode de recherche sur les systèmes cultureux prenant en compte les facteurs techniques et socio-économiques, d'une part, et d'autre part, de mettre au point de nouveaux systèmes cultureux pour les régions où les conditions agroclimatiques sont à peu près semblables. Tout aussi remarquable est le programme de formation aux systèmes cultureux élaboré par les scientifiques de l'IRRI en collaboration avec l'Université des Philippines à Los Baños (UPLB). Le CRDI a également contribué à la première d'une série de réunions régulières qui réunissaient des chercheurs en systèmes cultureux venus de tous les coins de l'Asie pour échanger leurs expériences et comparer les résultats de leurs études.

La formation dispensée par l'IRRI et l'UPLB s'étendait des cours spécialisés accélérés aux études universitaires supérieures. L'une des activités de formation les plus originales intéressait de jeunes chercheurs originaires de plusieurs pays asiatiques, diplômés en production de matériel végétal, agronomie et sociologie rurale. Ils ont tous travaillé dans les mêmes "barrios" sur des aspects de la polyculture propres à leurs disciplines respectives et ont finalement présenté ce que l'on pourrait appeler une série de thèses interreliées.

Au début du programme, le CRDI a financé une étude dans laquelle deux scientifiques ont caractérisé, cartographié et évalué la productivité réelle et possible de tous les sols de l'Asie où on cultive le riz. L'étude incluait les sols supérieurs et "difficiles" comme ceux à teneur élevée en sulfates acides, en sel, en substances alcalines et en fer, et ceux pauvres en zinc, en phosphore et en d'autres nutriments essentiels. À l'aide des données prove-

nant d'un relevé climatologique, l'IRRI et des chercheurs locaux ont pu classer la région, choisir des sites représentatifs des zones agroclimatologiques où il était possible d'évaluer de nouvelles façons culturales adaptables à grande échelle. Bien que les systèmes culturaux soient généralement "propres à un site particulier" et grandement influencés par le milieu physique, social et économique qui les entoure les chercheurs ont pu établir d'importants principes généraux applicables à grande échelle.

En plus du programme de l'IRRI, le CRDI a appuyé des projets particuliers de systèmes culturaux réalisés en divers endroits des Philippines, de l'Indonésie, de la Thaïlande, au Bangladesh et à Sri Lanka, la majeure partie des recherches étant effectuée sur les terres des agriculteurs. Chaque projet a commencé par une étude aussi complète que les ressources le permettaient sur les systèmes agricoles existants, les régimes de production agricole et les facteurs économiques importants comme la demande en main-d'oeuvre et sa disponibilité, les coûts et les profits, les possibilités de crédit et de commercialisation. A partir de ces données de base, il a été possible de déterminer les effets et les facteurs limitants des changements subséquents dans les systèmes culturaux. (Les composantes de base de la recherche sur les systèmes culturaux sont indiquées sur les figures 1 et 2.)

L'aide accordée par le CRDI à l'IRRI et aux cinq programmes nationaux a considérablement stimulé la recherche sur les systèmes culturaux dans les exploitations agricoles d'Asie. A plus de 70 endroits, de jeunes chercheurs élaborent des techniques améliorées de production en collaboration avec de petits agriculteurs dont la plupart travaillent sur des terres de moins de deux hectares.

En Indonésie, aux Philippines et à Sri Lanka, des régimes améliorés de culture comportant de nouvelles variétés et pratiques de gestion ont été adoptés par la grande majorité des agriculteurs et constituent la base de programmes nationaux de production à grande échelle. En Indonésie, on pratique maintenant, sur les sols arides où la culture du riz est menacée par l'érosion, une combinaison de cultures intercalaires et d'assolement associant le riz, le manioc, le maïs, le niébé et le haricot riz ; ainsi, la terre n'est jamais laissée à nu pendant la saison de culture.

Les études sri lankaises sur les systèmes historiques de riziculture irriguée à l'aide de réservoirs, comportant un complexe de terres sèches et de terres humides ont produit un système stable de double culture sur les terres humides ; des systèmes améliorés sont maintenant mis en application dans plus de 40 petits bassins dans la zone sèche du Sri Lanka.

Aux Philippines, la double récolte du riz a été introduite dans les zones de culture pluviale qui produisaient autrefois une seule récolte par année. L'expansion de ces systèmes de production aux zones semblables des îles centrales et méridionales des Philippines est financée par la Banque mondiale. Des légumineuses alimentaires hâtives cultivées après le riz ont été implantées avec succès en de nombreux endroits, tel le niébé qui a augmenté la production de la récolte de riz suivante en enrichissant les sols, d'une texture plus légère à Sri Lanka. Aux Philippines, l'amélioration de la lutte contre les insectes a augmenté de 250 à 750 kg/ha le niveau de rendement du haricot mungo dans les exploitations agricoles. Les profits nets de cette



Des cultures et des façons culturales améliorées ont été mises au point en fonction de l'ancien système d'irrigation par réservoirs de Sri Lanka.

culture pratiquée en montagne après la mousson ont dépassé ceux de la culture du riz. Le Bureau de l'extension agricole, dans le cadre d'un programme à l'échelle de la province, introduit ces améliorations sur les petites exploitations agricoles, bien au-delà du site de recherche.

La plupart des pays qui participent au Réseau asiatique de systèmes culturaux encouragent les programmes de production à étendre les nouvelles méthodes de cultures en offrant le crédit et les services de consultation technique nécessaires.

En plus de collecter une quantité considérable de données économiques, le programme de l'IRRI a apporté des avantages techniques trop nombreux pour les énumérer. De concert avec l'Université des Philippines, il a été possible d'obtenir des types végétaux dont la forme et le mode de croissance étaient mieux adaptés que les variétés traditionnelles à certains

systèmes culturaux. L'ombrage procuré par des légumineuses feuillues a réduit la quantité de mauvaises herbes. La culture intercalaire a contribué à diminuer l'infestation par les insectes, ces derniers étant incapables ou refusant de traverser les barrières dressées entre les rangées des végétaux qu'ils affectionnent. Les arachides ont apporté une araignée carnivore qui a attaqué et réduit les populations de plusieurs insectes prédateurs.

Des données socioéconomiques couvrant l'année entière ont été obtenues au moyen de formulaires normalisés remplis par des écoliers philippins qui, pendant l'été, ont suivi leurs parents agriculteurs toute la journée pour noter le temps et les investissements consacrés à chaque activité.

Les travaux d'un projet de systèmes culturaux réalisé par l'UPLB ont commencé en 1972 dans six villages près de Los Baños et ont été étendus à plus de 18 agglomérations en janvier 1974. Les villages participant à la phase d'extension étaient situés dans des provinces moins peuplées et moins accessibles que celle où se sont déroulées les premières recherches. Les études ont été poursuivies dans chaque "barrio" et supervisées par un technicien de l'UPLB pendant quatre ou cinq ans. En plus de fournir des conseils techniques, les experts de l'université étaient chargés de l'aide offerte dans les secteurs du crédit et de la commercialisation ainsi que de l'assistance aux fermiers en vue d'obtenir des prêts dans les banques locales. Un crédit automatiquement renouvelable établi par le CRDI a été utilisé comme garantie par les agriculteurs ne possédant pas suffisamment de valeurs immobilisées pour obtenir un prêt bancaire ordinaire. La commercialisation des récoltes et l'achat d'engrais, de produits chimiques et de semences améliorées ont été entrepris par l'entremise des associations coopératives de village. Un programme de nutrition et de techniques de conservation des aliments au foyer a également été inclus dans le projet de l'UPLB.

En 1976, les résultats du projet ont amené le gouvernement des Philippines à étendre le programme à la totalité d'une province dans la partie centrale de Luzon. En 1977, le programme a englobé une zone encore plus vaste toujours dans le centre de Luzon, ainsi qu'un certain nombre de "barrios" dans d'autres régions du pays. Le succès obtenu a encouragé le gouvernement à restructurer des services agricoles et à relier plus étroitement l'extension à la recherche et au développement. De plus, plutôt que d'être responsable d'une culture particulière, chaque technicien animateur sera attaché de façon permanente à un groupe d'agriculteurs donné qu'il conseillera sur tous les aspects de leurs systèmes culturaux et de la gestion de l'entreprise agricole.

Dans plusieurs des villages voisins de Los Baños, les revenus des agriculteurs ont augmenté, particulièrement quand la culture effectuée après celle du riz a été celle des melons d'eau, des concombres ou des aubergines. Cette technique s'est spontanément étendue aux villages avoisinants qui n'étaient pas couverts par les techniciens du projet. Le crédit automatiquement renouvelable a aidé les petits exploitants à se familiariser avec les banques rurales, et les banques à accepter les petits exploitants comme clients solvables, expérience relativement nouvelle pour chacune des parties.

En Indonésie, l'Institut central de recherches pour l'agriculture (CRIA) a choisi deux sites pour effectuer des recherches sur les systèmes culturaux. Le premier, Lampung, est représentatif d'une zone utilisée à grande échelle pour les établissements d'émigrants des îles surpeuplées de Java, Madura et Bali. La variété traditionnelle de riz y est cultivée seule ou en rotation avec du maïs et du manioc. Un mode amélioré de culture intercalaire associant riz - maïs - haricot a donné un rendement total et un rendement net supérieurs au riz cultivé seul. D'autre part, en plantant une variété hâtive de riz, il a été possible d'obtenir deux récoltes de riz suivies d'une autre en culture pluviale. Les besoins en engrais de chaque mode de culture ont été déterminés.

Le second site, Indramayu, est caractéristique des zones littorales aux sols alluviaux, à haute pluviosité où l'irrigation partielle est possible. Une étude agroclimatique a déterminé la période de l'année où les eaux d'irrigation sont disponibles, et des systèmes culturaux optimaux ont été recommandés pour des régimes d'irrigation de 10 mois, de 7 mois et de 5 mois. Un projet de la Banque mondiale visant à améliorer les installations d'irrigation et de drainage dans la région d'Indramayu est en cours d'élaboration.

Les travaux sur les systèmes culturaux au Bangladesh sont effectués par l'Institut de recherche sur le riz du Bangladesh (BRRI) établi à Joydebpur, à quatre stations dans une région de 150 km². La recherche est surtout orientée sur la riziculture pluviale et la riziculture irriguée au moyen de puits instantanés et la riziculture submergée. A la suite d'une étude sur l'utilisation traditionnelle des terres, le blé, le jute, le millet, la pomme de terre blanche, la patate douce, la moutarde, l'arachide, le soja, le maïs, le niébé et le sorgho ont été expérimentés comme cultures additionnelles après la récolte du riz.

Au village de Bhogra, typique de la double récolte de riz en culture pluviale, des variétés à rendement élevé ont augmenté la production dans une proportion de 72 %. Les essais de labours minimaux ont réduit la période entre les cultures de riz d'environ 14 à 1 jour. La moutarde, les légumes, les haricots mungo et le soja ont été cultivés sans irrigation en remplacement d'une seconde culture de riz.

Au village de Salna, l'irrigation par puits instantané permet d'obtenir trois récoltes de riz cultivé selon la méthode traditionnelle. Cependant, deux récoltes de riz à rendement plus élevé sont apparues plus profitables que les trois récoltes du régime traditionnel qui exige plus de travail pour préparer et ensemercer la terre. Sur les sols plus légers, il s'est révélé rentable de cultiver le blé après la deuxième récolte de riz.

Au village de Jarunbari, des vallées fortement inondées produisent une seule récolte de riz. L'amélioration de la fertilité du sol et de la lutte contre les insectes ont augmenté les rendements dans une proportion de 32 %. Il est devenu possible de pratiquer la riziculture submergée après le riz d'hiver traditionnel par la plantation en rotation d'une variété hâtive de riz d'hiver. Au village de Laskarchala, l'irrigation par puits instantané a permis d'associer le blé au riz de montagne dans le cadre d'un système de polyculture.

En vue d'introduire la riziculture submergée, trois nouveaux emplacements ont été ajoutés plus tard dans les zones des vallées inondées. Dans ces

régions, le blé, les mils, le melon d'eau, les oléagineux et les légumineuses doivent suivre la récolte de riz avec le recul des eaux.

Dans le cadre d'un projet de systèmes culturaux dirigé conjointement par le ministère de l'Agriculture et des Coopératives et l'Université de Kasetsart en Thaïlande, l'Université a sélectionné une vaste gamme de variétés de riz pluvial de montagne et a mis à l'essai des variétés de sésame, de pois d'Angole, de pois chiche et de carthame. Quatre sites représentaient trois zones basses à alimentation pluviale ainsi qu'une zone partiellement irriguée.

Au premier site à alimentation pluviale, un système à double récolte a produit 2,7 t/ha de riz et 1,1 t/ha d'arachide comparativement aux rendements habituels de riz obtenus par les agriculteurs, soit 900 kg/ha. Au deuxième site, également à alimentation pluviale, la récolte de haricots mungo a atteint 500 kg/ha et la récolte subséquente de riz, 2,3 t/ha. Au troisième site de culture pluviale, les systèmes culturaux mis à l'essai incluaient quatre récoltes avant celle du riz et cinq après. La culture du haricot mungo avant et après celle du riz a produit environ 650 kg/ha. Au quatrième emplacement, partiellement irrigué, des arachides et du maïs ont été cultivés après la récolte de riz, produisant un rendement total supérieur à celui des cultures traditionnelles.

Le projet des systèmes culturaux à Sri Lanka illustre comment, dans un milieu agroclimatique relativement unique, la méthode élaborée dans le réseau des systèmes culturaux d'Asie peut être adaptée et mise en application avec succès. Dans le cadre du projet, qui a vu le jour en 1975, l'eau destinée à la riziculture irriguée ou partiellement irriguée des zones sèches provient de petits "réservoirs", construits et utilisés par des agriculteurs autochtones depuis plus de 2 000 ans. Le paddy, qui domine dans les régions sèches et intermédiaires, est une monoculture relativement inefficace sur le plan utilisation des terres et de la main-d'oeuvre. Le but du projet est d'élaborer des systèmes culturaux qui emploient plus efficacement l'eau de pluie recueillie dans les réservoirs.

La recherche est effectuée dans deux villages: Walagambahuwa, dans la zone sèche, et Katupota, dans la zone intermédiaire. Le premier est typique de plus de 3 000 établissements semblables de la zone sèche qui utilisent des réservoirs et connaissent un régime de pluie bi-modal, la Maha, saison des pluies qui s'étend d'octobre à février, et la Yala, qui va de mars à mai. Trois modes d'utilisation des terres ont été déterminés pour la zone sèche, y compris les maisons et petits jardins, le Chena de montagne, où l'on pratique l'agriculture itinérante, et Welyaya pour la riziculture pluviale des basses-terres. Katupota se trouve dans la zone intermédiaire à alimentation pluviale où l'on a jugé théoriquement possible de cultiver successivement deux types de riz hâtif au lieu de la variété traditionnelle à long cycle végétatif. Le projet a commencé par une étude de base typique des méthodes existantes et des aspects économiques connexes.

Dans la zone sèche, l'irrigation par bassins ainsi que la préparation et l'ensemencement hâtifs ont permis une production de riz pluvial de 2 à 2½ t/ha. Dans un cas, des graines prégermées plantées dans un sol boueux ont produit 3,5 t/ha. Ensuite, 124 modes de culture différents ont été mis à



Récolte de riz pluvial à Walagambahua (Sri Lanka) après la saison Meha.

l'essai, y compris diverses combinaisons de variétés de riz, de types de sol, de méthodes d'ensemencement ainsi que de densité des graines et des engrais. Le meilleur cultivar de riz pour les sols légers, lorsqu'il a prégermé et a été semé à la volée, a produit plus de 4 t/ha, et le meilleur pour les sols lourds, semé de la même manière, a produit environ 5,5 t/ha.

Après la récolte du paddy, la culture pluviale du niébé, du haricot velu, du soja et du haricot mungo a produit environ 700 kg/ha pendant la saison Yala. Les études agroéconomiques ont montré une augmentation de production de plus de 200 % due à l'amélioration des pratiques agronomiques et de la gestion de l'eau. Contrairement aux prévisions, l'intensification de la culture n'a pas été gênée par un manque de main-d'oeuvre, même durant les périodes de pointe, savoir l'ensemencement du riz pluvial et la première récolte. Tous les essais ont été effectués en collaboration avec les agriculteurs, et les premiers résultats indiquent que les régimes les plus intensifs produisent une augmentation nette de revenu de 125 %.

Il a également été montré que les rizières sous les réservoirs, qui sont souvent laissées en jachère, sont productives en l'absence d'eaux d'irrigation provenant des réservoirs, après une préparation et un ensemencement hâtifs des terres. L'eau conservée dans les réservoirs peut ensuite servir à irriguer une deuxième, et, certaines saisons, une troisième culture.

La culture à Walagambahuwa, site du projet, a continué de produire deux récoltes de riz chaque année. La méthode a été appliquée à 10 bassins-réservoirs dans le district de Kurunegala pendant la saison Maha de 1979. Tous les agriculteurs ont obtenu une excellente première récolte de riz, plusieurs pour la première fois depuis un certain nombre d'années et un bon nombre d'entre eux ont également pu obtenir une deuxième récolte. En

1980, la technique améliorée a été introduite sur des terres irriguées par 40 bassins-réservoirs et plusieurs villages l'ont spontanément adoptée après en avoir mesuré les avantages. Les résultats ont encouragé le gouvernement de Sri Lanka à réparer environ 2 000 petits bassins-réservoirs autour desquels seront adaptés les systèmes les plus productifs.

Au site de Katupota, la préparation hâtive des terres et l'ensemencement à sec de cultivars de riz à maturation rapide ont donné des rendements dépassant 2 t/ha. On pourrait de même accroître les rendements des légumineuses alimentaires et d'autres cultures pluviales pendant la saison Yala. L'adoption volontaire des systèmes améliorés par des agriculteurs d'autres villages qui ont observé les avantages obtenus aux stations de recherche est un signe très encourageant. Il est à espérer que l'assistance financière de la Banque mondiale contribuera à étendre la nouvelle technique à dix autres régions irriguées par des bassins-réservoirs.

Les oléagineux

Les graines oléagineuses ont été très négligées par les sélectionneurs, les agronomes et les décideurs agricoles dans le monde en développement. Le Conseil de recherches agricoles de l'Inde (ICAR) étudie quelques plantes oléagineuses parmi les plus importantes du pays, notamment les espèces *Brassica*, colza et moutarde, en plus de celles qui fournissent une huile aux propriétés nutritives intéressantes comme les graines de sésame, de carthame et de guizotie. Le programme d'amélioration des graines oléagineuses est réalisé surtout dans les universités indiennes. L'Université G.B. Pant à Pantnagar cherche à augmenter le rendement, la teneur en huile et la qualité globale des cultivars locaux et exotiques de colza. Les scientifiques de l'Université d'agriculture d'Haryana sélectionnent des types de moutarde à rendement élevé, d'un cycle végétatif de 70 à 80 jours, adaptés à des zones où les pluies sont peu abondantes, ainsi que des cultivars de moutarde qui peuvent faire l'objet d'une culture intercalaire avec le blé. Des projets visant à améliorer le sésame et le carthame sont réalisés respectivement à l'Université Tamil Nadu et au Collège d'agriculture Indore dans le Madhya Pradesh.

En Asie, il est fréquent de reléguer les légumineuses et les oléagineux aux terres marginales. Un grand nombre de cultivars acceptés ont donc été choisis plutôt en fonction de leur aptitude à produire sur des sols ingrats et dans des conditions environnementales difficiles que pour le rendement maximal dans des conditions favorables. L'Institut indien de recherche agricole (IARI) étudie présentement des systèmes culturaux dans lesquels les légumineuses et les oléagineux sont associés aux céréales sur de bonnes terres agricoles.

Des scientifiques de l'Université G.B. Pant ont examiné la possibilité de pratiquer la culture pluviale du triticale sur des terres impropres à la production de céréales et autres cultures vivrières. Les zones étudiées étaient situées sur les contreforts, les flancs de collines et les vallées de l'Himalaya. Des expériences agricoles ont donné des résultats encourageants à des altitudes variant entre 2 000 et 3 000 m au-dessus du niveau de la mer où le triticale a montré une tolérance aux basses températures nocturnes et a donné un rendement supérieur au blé et aux autres céréales.

Les mils

Le terme " mil " désigne plusieurs céréales appartenant à des genres différents dont les graines sont relativement petites. Celle dont la culture est la plus généralisée est *Pennisetum typhoides*, communément nommée " mil à chandelle " ou " bajra " en Inde. Bien que leur culture soit moins importante, les mils marginaux constituent, en raison de leur tolérance à des conditions dures et même nuisibles, la nourriture de subsistance de la majorité des Indiens les plus défavorisés. Un programme d'amélioration des mils mineurs, coordonné par le Conseil indien de recherches agricoles, est en cours dans cinq centres de recherches, chaque institut consacrant ses travaux à une espèce seulement : le mil kodo (*Paspalum scrobiculatum*), le mil des oiseaux (*Setaria italica*), le petit mil (*Panicum miliare*), le mil commun (*Panicum miliaceum*) et le pied-de-coq (*Echinochloa frumentacea*).

Chaque projet a pour objectif la multiplication et la sélection en vue d'un rendement plus élevé, ainsi qu'une résistance accrue aux maladies et aux insectes, et enfin l'amélioration des méthodes culturales. La collecte, le croisement et la sélection de matériel génétique provenant des mils mineurs dans un grand nombre de régions en Afrique et en Asie a montré que les agriculteurs peuvent doubler le rendement sur leurs terres. Les résultats illustrent les progrès relativement rapides qu'il est possible d'obtenir quand des scientifiques compétents s'intéressent à ce qui était dans le passé des cultures négligées.

L'Institut de recherche agricole du Bangladesh (BARI) a récemment mis en oeuvre un programme de recherches supplémentaires sur le mil. Dans ce cas, les mils mineurs semblent compléter les systèmes culturaux basés sur le riz. Le mil des oiseaux (*Setaria italica*) et le mil commun (*Panicum miliaceum*), qui croissent rapidement et utilisent l'eau efficacement, s'adaptent bien aux systèmes de culture hivernale. Des systèmes plus productifs, notamment des cultivars à rendement supérieur, devraient promouvoir l'intégration de la culture des mils mineurs dans toutes les régions productrices de riz du Bangladesh. Ces plantes peuvent également être cultivées sur les îles temporaires qui apparaissent après la crue quand les eaux se retirent au cours de l'hiver. Le pied-de-coq tolère des conditions d'inondation et le coracan (*Eleusine coracana*) peut être cultivé avant la mousson. Un grand nombre de mils mineurs ont une stabilité supérieure pendant l'entreposage et constituent une réserve alimentaire de grande valeur quand les récoltes sont moins bonnes.

Une coopération s'est établie au niveau de la recherche et de la formation entre les quatre stations de recherches régionales du Bangladesh, et les stations de recherches sur les mils mineurs en Inde, où quatre scientifiques du Bangladesh doivent entreprendre des travaux de niveau universitaire supérieur, chacun sur une espèce de mil différente.

Les légumineuses alimentaires

Au projet du Bangladesh sur les mils mineurs vient s'ajouter un programme d'amélioration de la culture d'une légumineuse alimentaire, qui présente une valeur additionnelle du point de vue nutritif et agronomique, dont l'Institut de recherche agricole du Bangladesh a pris la direction. Les

cultivars de blé et de riz à rendement supérieur sont plus intéressants pour les agriculteurs que les légumineuses alimentaires négligées par la science jusqu'à présent. La production totale de légumineuses au Bangladesh n'a donc cessé de diminuer au cours des dernières années. Le projet, réalisé à deux universités et plusieurs stations de recherches gouvernementales, porte sur six légumineuses alimentaires. Au cours des trois premières années, après la sélection d'un grand nombre d'espèces potentielles, des variétés supérieures de pois chiche, de haricot velu (*Vigna mungo*), de pois d'Angole, de gesse (*Lathyrus sativus*), de lentille et de haricot mungo ont été déterminées et une douzaine de cultivars seront soumis à une vaste gamme d'essais en collaboration avec les agriculteurs locaux. Au début de l'hiver 1979, plus de 2 800 variétés de légumineuses étaient expérimentées à six endroits différents. Au cours de l'été 1980, plus de 500 variétés étaient cultivées à sept endroits. Comme dans le cas des projets d'étude sur les mils mineurs, plusieurs étudiants diplômés du Bangladesh sont formés dans des centres indiens de recherches sur les légumineuses alimentaires.

Les travaux de recherche sur l'aridoculture se poursuivent également à Sri Lanka, au Pakistan, au Bangladesh et dans le nord-est de la Thaïlande. Le ministère de l'Agriculture de Sri Lanka tente, en collaboration avec les agriculteurs, d'augmenter la production de sorgho, de haricot mungo, de niébé, de pois d'Angole, d'arachide et d'okra. Ce projet demeure dans l'optique de la politique gouvernementale de Sri Lanka visant à limiter l'importation de produits alimentaires et à favoriser la culture pour la consommation humaine plutôt que les produits d'exportation.

Les scientifiques du Conseil de recherches agricoles du Pakistan améliorent la culture des pois chiches, des haricots mungos, des pois d'Angole (*Vigna mungo*) et des lentilles en sélectionnant les plantes en fonction de rendements plus réguliers et plus élevés et de la résistance supérieure à l'aschochytose, à la fusariose du pois chiche, au virus de la mosaïque jaune du haricot mungo et à la rouille des lentilles. Actuellement, le pays produit moins de la moitié des légumineuses consommées par la population croissante et comme au Bangladesh et dans d'autres pays d'Asie, les légumineuses ont été remplacées par des cultivars de céréales à rendement supérieur. Un projet d'amélioration des légumineuses comportant des objectifs semblables a récemment été mis en oeuvre au Bangladesh.

Dans le nord-est de la Thaïlande, l'université Khon Kaen essaie d'améliorer les systèmes de production du sorgho, du soja et de l'arachide, en collaboration avec des petits exploitants. Les scientifiques de cette université relativement nouvelle ont fait progresser de façon remarquable un projet de recherche visant à augmenter la production de céréales alimentaires pour la consommation locale ainsi que les revenus des petits agriculteurs.

Les plantes-racines

Les plantes-racines constituent la principale source de calories pour plus de 300 millions de personnes dans les pays en développement. Le CRDI a consacré près de 5 millions de dollars à la recherche sur les plantes-racines dans plus de douze pays en développement en plus d'administrer des fonds offerts par l'ACDI en vue d'appuyer un programme international de re-

cherches sur le manioc. En Asie, une aide a été accordée à un programme régional de recherche, de consultation et de formation mis en oeuvre par le CIAT en collaboration avec le Centre régional de l'Asie du Sud-Est pour les études universitaires et la recherche en agriculture (SEARCA), ainsi qu'à des programmes nationaux de culture de plantes-racines consacrés au manioc en Inde, en Indonésie, en Malaysia, aux Philippines et au Sri Lanka. Plusieurs de ces programmes comprenaient la préservation, le traitement et d'autres activités post-récolte. Bien que le manioc soit une plante indigène en Amérique latine, c'est dans les pays d'Asie que l'on observe la plus grosse production annuelle à la fois comme culture alimentaire et culture commerciale. En Indonésie, pays qui récolte 11 millions de tonnes de racines de manioc par année et en exporte plus de 200 000 tonnes comme fourrage sec, cette culture est la troisième en importance après le riz et le maïs ; elle est pratiquée surtout par les petits agriculteurs et les Indonésiens la consomment surtout sous forme de racines fraîches cuites.

En plus d'une étude classique de culture et d'agronomie, l'Universitas Brawijaya à Malang poursuit des recherches sur une technique de production prometteuse, mise au point dans la partie est de Java. Le système Mukibat, du nom de l'inventeur, comporte la greffe du grand arbuste (*Manihot glaziovii*), vivace, à grand dôme de verdure mais sans racines tubéreuses, sur la plante à racines tubéreuses normales (*M. esculenta*). En raison de l'efficacité photosynthétique supérieure du dôme de verdure, la combinaison produit des racines dont le poids est de trois à quatre fois supérieur à celui des racines normales moyennes. Ce système et son successeur, le Setraw, qui comporte la greffe d'un seul arbuste sur les tiges de 3 plantes produisant des tubercules nécessite des recherches plus approfondies par des phytophysiologistes. A Brawijaya, il a été démontré que le système Mukibat ne requiert pas le creusage de larges trous lors de la plantation. Le manioc cultivé selon ce système continue à fixer la matière sèche pendant une période allant jusqu'à 18 mois comparativement à celle variant entre 12 et 14 mois pour la plante normale. De plus, en tout temps au cours de la croissance, la teneur en matières sèches semble plus élevée chez le manioc " Mukibat " que chez l'espèce normale. Il reste beaucoup d'inconnues dans ce domaine ainsi que de nombreuses difficultés à résoudre. Par conséquent, l'appui aux programmes de recherches sur les greffes interspécifiques est très justifiable.

Le projet portait sur l'étude de la réaction du manioc ordinaire aux nutriments essentiels, et à l'effet bénéfique sur la taille des tubercules de l'élimination des mauvaises herbes. En collaboration avec les agriculteurs locaux, dix membres de cette jeune université et près de vingt étudiants ont participé au programme, plusieurs d'entre eux utilisant les résultats obtenus pour la préparation de leurs thèses.

La recherche sur l'amélioration du manioc effectuée par l'Institut central de recherche sur les tubercules (CTCRI) dans le sud de l'Inde est un projet beaucoup plus important, la racine de manioc bouillie puis séchée constitue une source alimentaire importante pour plusieurs millions de personnes de cette région particulièrement lorsque la récolte de riz est pauvre. Les travaux portant notamment sur la multiplication et la sélection ont permis d'obtenir deux hybrides qui ont donné près de 40 tonnes de

racines par hectare sur les terres des agriculteurs. Les relevés et les améliorations agronomiques ont débouché sur la mise au point d'un ensemble de pratiques agronomiques qui ont été enseignées à 200 fermiers. Des études ont été effectuées sur la résistance aux maladies, particulièrement dans le cas de la mosaïque qui cause un gaspillage considérable sur la rapidité de la propagation ainsi que sur l'aspect post-récolte des racines entières et traitées. Un point d'intérêt est la production de soie par un lépidoptère local nourri au manioc. La formation au niveau de l'exploitation agricole de plus de 700 vulgarisateurs est particulièrement digne de mention. Il est probable que le projet, qui doit inclure d'autres plantes-racines et cultures vivrières semées en association avec le manioc, sera bientôt étendu à d'autres États indiens.

L'Institut de recherches et de développement agricoles de la Malaysia (MARDI) a poursuivi avec succès un programme de propagation, de sélection et d'évaluation des espèces de manioc indigène comparativement au matériel génétique importé, tel quel ou croisé avec des cultivars locaux. Il a été possible de sélectionner des types de manioc qui s'adaptent bien aux tourbières impropres à donner des cultures rentables.

A Sri Lanka, le ministère de l'Agriculture tente d'améliorer la culture du manioc et de la patate douce à l'aide de cultivars à rendement accru et de meilleures méthodes agricoles. La sélection vise à obtenir des types hâtifs, à teneur faible en cyanure et élevée en amidon. Les travaux de recherche à plusieurs stations ont produit des résultats intéressants notamment : des rendements accrus au moyen de la culture intercalaire associant légumineuses alimentaires et manioc ; la culture de types de manioc local encore inexploités ; la greffe de manioc " sauvage " sur des cultivars connus, dont les résultats préliminaires indiquent des rendements considérablement accrus en plus de l'identification de certains maniocs bien adaptés à l'ombre qui pourraient être cultivés sous les cocotiers ; la culture d'espèces de manioc à partir de graines provenant de géniteurs locaux avec pollinisation croisée naturelle, qui ont montré une diversité marquée tout en possédant plusieurs caractères souhaitables ; et les rendements de patate douce dépassant 20 t/ha au cours des essais préliminaires.

Dans le cadre d'un projet administré par le Conseil de la recherche agricole et des ressources des Philippines (PCARR), le Collège d'agriculture de l'État du Visayas, en collaboration avec cinq autres universités et collèges, poursuit des travaux visant à améliorer plusieurs plantes-racines. La région de Visayas est le plus gros producteur et consommateur de plantes-racines dans ce pays où les rendements s'élèvent à 1,2 million de tonnes — 70 millions de dollars — sont cultivées, 85 % étant utilisées directement pour la consommation humaine. Des études complémentaires se poursuivent à Los Baños, Cagayan, Palawan et Mindanao. La collecte de matériel génétique, la sélection des cultivars, la culture et l'amélioration agronomique sont bien amorcées pour le manioc, la patate douce, le taro (*Colocasia esculenta*), la tania (*Xanthosoma sagittifolium*) et l'igname (*Dioscorea* spp.).

Les études agronomiques ont quantifié les types de plantes-racines, la production, ainsi que les zones d'exploitations agricoles et de production consacrées dans chaque province à cette culture. Près de 20 étudiants diplômés participent au projet dans le cadre d'études supérieures couvrant la

plupart des secteurs de recherche y compris la culture intercalaire des plantes-racines avec les légumineuses alimentaires. Le projet forme la base d'un programme de recherche, de démonstration et de formation sur les plantes-racines, à l'échelle nationale.

Recherches sur les systèmes post-production

Comme suite aux recommandations présentées dans un rapport du GCRAI en 1975, le CRDI a contribué à la création du Programme de recherche et de développement post-récolte des coopératives de l'Asie du Sud-Est, actuellement parrainé conjointement par les gouvernements des Pays-Bas et de l'Australie, l'Agence pour le développement international (US-AID) et l'ACDI, au nom desquels le CRDI agit en qualité d'agent d'exécution. Le programme est dirigé par un Conseil consultatif en matière de politique, composé de hauts fonctionnaires des gouvernements d'Indonésie, de Malaysia, des Philippines, de Singapour et de Thaïlande. Le Groupe de consultation et de soutien en matière de recherches techniques (l'équipe technique), formé d'un représentant de chaque organisme donateur, relève du Conseil consultatif en matière de politique. Le programme est surtout centré sur le riz mais il englobe, dans une moindre mesure, les autres céréales et légumineuses alimentaires. L'équipe technique a pour mandat de déterminer les problèmes et les facteurs limitants des systèmes post-récolte actuels d'une part et d'autre part, de trouver les moyens de les surmonter par la recherche, le développement, la formation, l'information et la démonstration.

Le programme vise également à stimuler la collaboration entre les donateurs bilatéraux et multilatéraux, les gouvernements régionaux et leurs centres de recherche et de développement et entre les scientifiques et les technologues des pays industrialisés et en développement ainsi qu'à renforcer les capacités et les institutions de recherches dans toute la région.

L'équipe technique assure un service d'information sur la post-récolte par la collecte et la diffusion de toutes les connaissances et des rapports d'activités disponibles. L'équipe qui se compose d'un ingénieur agronome des Philippines, d'un spécialiste en stockage, d'un expert en mouture des grains et d'un économiste en agriculture, est établie près du siège de l'IRRI et du SEARCA qui assurent les services administratifs et autres services essentiels. L'équipe technique fournit directement un appui technique à divers projets post-récolte existants, subventionnés soit par le CRDI, soit par d'autres organismes donateurs ou par les gouvernements des pays participants. Par des contacts réguliers avec les responsables de la recherche et du développement en post-récolte, des réunions et des publications, l'équipe technique inculque progressivement à la région toute entière, une approche globale de l'amélioration des systèmes post-récolte. Le succès de cette initiative a suscité l'intérêt de plusieurs autres organismes donateurs et on prévoit l'élargissement du programme dans un avenir rapproché.

En outre du Programme de coopération, la division a assuré un soutien technique et financier à plus de 20 projets de post-production dans le Sud et le Sud-Est asiatiques. Bien que d'autres céréales soient étudiées, la plupart

des projets donnent priorité au riz, la principale culture qui subit les plus graves dommages et pertes post-récolte. Pendant la deuxième partie de la décennie, plusieurs projets de transformation et de préservation du poisson ont été mis en oeuvre. Dans l'ensemble des zones tropicales, les poissons subissent de plus grandes pertes post-production que toute autre source alimentaire majeure. Aussi, faudra-t-il investir des sommes beaucoup plus considérables dans l'amélioration de la conservation du poisson, pour réaliser le potentiel de l'aquiculture et de la mariculture.

Tous les systèmes post-production commencent par la récolte et finissent par la consommation. Les techniques de la récolte, du séchage, du battage, du stockage, de la transformation primaire et secondaire, de l'utilisation domestique, de l'évaluation et du contrôle de la qualité nutritionnelle et fonctionnelle constituent les étapes essentielles de tout système post-production des céréales. Quelle que soit la priorité d'une composante, l'objectif du groupe de post-production et des conseillers des projets est de diriger tous les chercheurs vers une approche globale des systèmes et vers l'étude de chaque élément spécifique en fonction de l'ensemble.

Le séchage et le stockage

Dans de nombreux pays tropicaux, la méthode la plus courante de séchage des grains se fait par exposition directe au soleil. L'introduction de variétés de riz hâtives, permettant de produire deux ou trois récoltes par année, a aggravé les problèmes post-récolte de séchage en ce sens que les récoltes pendant la saison des pluies ont une teneur en humidité beaucoup plus élevée et qu'elles ne peuvent pas être séchées par radiation solaire de manière satisfaisante entre les averses fréquentes. Une teneur élevée en humidité entraîne rapidement la multiplication des microbes et l'infestation par les insectes. Par conséquent, sans un séchage rapide après la récolte, une grande partie des avantages d'une deuxième récolte de riz sont perdus.

Dans les pays d'Asie, différentes méthodes sont mises à l'essai pour sécher le riz plus rapidement après la récolte. En Thaïlande, le département de génie agricole de l'université Kasetsart est en train de mettre au point des machines et des dispositifs pour améliorer le battage, le séchage, le stockage et la mouture du riz à la ferme. Des prototypes sont fournis aux localités rurales grâce aux prêts consentis par le Ministère des Coopératives. On expérimente sur le terrain environ 6 000 batteuses mobiles, plusieurs séchoirs-plate-formes, trémies d'attente et de séchage des grains et des petits moulins à riz mobiles.

Les séchoirs-plate-formes sont de grandes installations rectangulaires dans lesquels on peut étaler deux tonnes de paddy sur un grillage au-dessus d'une chambre de répartition où un ventilateur fait circuler l'air chauffé par un brûleur. La boîte rectangulaire peut être construite sur place, mais le brûleur et le ventilateur sont fabriqués en Thaïlande. Le brûleur est alimenté par gravité avec des balles de riz ; de 4 à 7 kg à l'heure donnent une température d'environ 40 °C qui abaisse de 25 % à 14 % le taux d'humidité du paddy, en six heures environ. Le coût total du matériel est d'environ 320 \$ (canadiens). Le brûleur à kérosène constitue une solution de rechange plus coûteuse mais la plupart des localités pourraient disposer de quantités

suffisantes de balles de riz. Selon les mesures effectuées, la quantité d'air optimale circulant dans les grilles du brûleur est d'environ $30,5 \text{ m}^3 \cdot \text{minute} \cdot \text{m}^2$ de grille de feu et les balles de riz produisent environ $1,16 \times 10^4$ joules par gramme de balles. Le coût de fonctionnement du brûleur à balles de riz est d'environ 0,28 \$ par heure ; dans le cas du kérosène, du combustible diesel ou de l'essence, le coût d'exploitation est à peu près doublé.

Le moulin à riz mobile dont la capacité est de 50 kg/h, consiste en deux meules rotatives superposées, chacune enfermée dans un logement caoutchouté et tournant sur un bloc de caoutchouc rapproché. La surface opérante de la meule supérieure étant recouverte d'émeri, elle décortique le paddy en pivotant sur le bloc de caoutchouc. Le riz décortiqué tombe sur la pierre inférieure dont la surface opérante est recouverte d'un émeri fin où il subit l'opération du polissage. Les balles de riz sont récupérées pour alimenter le séchoir-plate-forme et les issues du polissage sont recueillies et utilisées dans les rations alimentaires des animaux. En augmentant le diamètre des pierres et en contrôlant la vitesse de rotation, on a pu réduire sensiblement les dommages causés au grain par l'échauffement des meules. Des ingénieurs thaïlandais travaillent actuellement à la mise au point d'un plus grand modèle de ce moulin simple, qui pourrait traiter environ une tonne de paddy en cinq heures.

Une autre méthode de séchage du paddy humide a été conçue à l'Institut asiatique de technologie (AIT), près de Bangkok. Il s'agit d'un séchoir par radiation indirecte, le riz étant séché par convection d'air chaud. Le fond de séchage est constitué d'une boîte rectangulaire peu profonde, dont les dimensions approximatives sont de $10 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 30 \text{ cm}$ de profondeur. La structure est en bambou, le fond est fabriqué de tiges de bambou entrelacées et les côtés de panneaux d'aggloméré. Des panneaux amovibles permettent au fermier de charger et de décharger le paddy. La boîte de séchage est placée à environ un mètre au-dessus du sol et le réchauffeur d'air est constitué d'une couche de balles de riz brûlées, étalées sur le sol en avant du lit de paddy pour capter les radiations solaires. La chaleur absorbée pendant la période d'ensoleillement, le jour, est progressivement dégagée sous la forme de courants d'air chaud qui traversent le lit de paddy par convection même pendant les heures d'obscurité. Une mince couche de plastique transparent de 0,15 mm soutenue par une simple armature de tiges de bambou et de fil métallique enferme les zones de chauffage et de séchage, à la manière d'une chambre d'air. Le coût total des matériaux est d'environ 50 \$ (canadiens) et, pendant la saison des pluies, le séchoir peut abaisser le taux d'humidité d'une tonne de paddy humide à un niveau acceptable, en environ 24 heures. Bien que sa capacité soit très inférieure à celle du brûleur alimenté par des balles de riz, le séchoir de l'AIT est moins coûteux à construire et à exploiter et il est actuellement expérimenté dans des localités rurales de la Thaïlande et de plusieurs autres pays asiatiques. Dans d'autres pays, le séchoir est actuellement à l'essai pour le séchage d'autres produits agricoles dans le cadre de plusieurs projets post-production.

On estime que ces deux méthodes de séchage employées en Thaïlande se complètent au lieu de se faire concurrence ; chaque système trouvera probablement sa place en s'adaptant aux différentes conditions et demandes.



Séchoir mis au point par l'AIT pour le traitement du paddy humide.

L'une des principales difficultés rencontrées dans la transformation du paddy humide est l'élimination des particules étrangères qui collent à la surface des grains à forte teneur en humidité et qui ne s'enlèvent pas facilement par les méthodes conventionnelles de nettoyage et de criblage. L'Institut de recherches et de développement agricoles de la Malaisie (MARDI) qui se trouve à la station de transformation du riz dans l'ouest de la Malaisie étudie actuellement d'autres méthodes de nettoyage par voie humide, dont le lavage à l'eau chaude, qui circule en sens inverse des grains, suivi du chauffage et du séchage par un puissant jet d'air. A la fin des opérations, le taux d'humidité est inférieur à 18 % et la méthode est particulièrement appropriée pour la transformation du riz destiné à l'étuvage. Une autre méthode à basse température consiste à laver le paddy dans des solutions de sel et à le soumettre ensuite au séchage solaire.

Les petits producteurs de riz en Indonésie où les pertes de grains post-récolte ont augmenté proportionnellement aux rendements d'une deuxième récolte pendant la saison des pluies, ont des problèmes similaires à ceux des exploitants de la Thaïlande. Le gouvernement indonésien a organisé des coopératives d'agriculteurs et, avec le concours du Bureau de logistique (BULOG), a encouragé l'expérimentation sur le terrain des nouvelles techniques post-production dans l'ensemble du territoire. Les coopératives d'agriculteurs et les ingénieurs de BULOG ont étudié les caractéristiques du rendement de divers séchoirs-plate-formes et ont déterminé les capacités d'exploitation, les profondeurs et les vitesses optimales des courants d'air, la qualité de mouture du paddy, les quantités de combustible et les frais totaux d'exploitation. L'activité la plus importante a été la formation des agriculteurs aux méthodes d'évaluation technique et économique. Dans les coopératives du centre, de l'est et de l'ouest de Java et du sud de

Sulawesi, les ingénieurs de BULOG étudient les effets des systèmes améliorés de récolte, de battage, de séchage et de stockage sur les caractéristiques de mouture et la qualité du riz usiné produit sur de nombreuses petites fermes. Il est encourageant de signaler que les riziculteurs indonésiens vendent actuellement leurs produits à un prix plus élevé étant donné la qualité supérieure du riz séché à l'air chaud par comparaison au grain séché au soleil.

Des progrès satisfaisants et des résultats susceptibles d'être appliqués sur une grande échelle ont résulté de deux projets post-récolte interreliés des Philippines, soit le projet de l'Université des Philippines à Los Baños (UPLB) et celui de l'Office national des grains (NGA) à Quezon City.

Les scientifiques de l'UPLB ont entrepris de déterminer les paramètres du moulin Cono afin d'obtenir un rendement maximal et une qualité supérieure de riz moulu. Le système Cono comprend un ou plusieurs décortiqueurs, chacun étant composé de deux meules de pierre, l'une fixe et l'autre tournante, qui fonctionnent avec des cônes à polir verticaux. Les études établissaient une comparaison entre la performance des meules de pierre traditionnelles et les décortiqueurs à rouleaux de caoutchouc; ces derniers donnaient un meilleur rendement au niveau du décorticage et de la quantité de grains entiers. A la suite d'observations critiques et de mesures, des modifications ont permis d'améliorer le rendement des moulins Kiskisan dotés de décortiqueurs en acier dont un grand nombre avait été mis au rebut dans les localités rurales des Philippines en raison de leur faible taux de récupération de grains. Un meilleur rendement a été obtenu en combinant un décortiqueur à rouleaux en caoutchouc et un Kiskisan à polir. Le système modifié est en train d'être évalué dans plusieurs rizeries rurales.

Les scientifiques de l'UPLP ont amélioré la stabilité du paddy humide stocké avant le séchage en l'entreposant dans des greniers aérés. L'aération contrôlée a permis de prolonger considérablement la durée du stockage avant le séchage du riz battu au cours des saisons sèches et pluvieuses. Les scientifiques de l'UPLB étudient également les facteurs qui influent sur les pertes dues au battage, qui peuvent s'élever jusqu'à 7 % des grains récoltés. Les méthodes de pré-battage traditionnelles, à savoir l'andainage et l'empilage, ont été modifiées en vue de réduire ces pertes.

Le personnel du projet du NGA, en collaboration avec 13 associations d'agriculteurs établies dans chacune des cinq différentes régions agroclimatiques, étudient divers systèmes de battage, de séchage après battage et de mouture, appropriés aux conditions rurales. L'étude du NGA porte également sur le sorgho et d'autres céréales cultivées en polyculture. Parmi huit batteuses possibles, le NGA a choisi la plus rentable et a déterminé comment réduire la consommation de combustible de deux différents séchoirs de grains par l'amélioration du ventilateur et le recyclage de la chaleur.

Un nettoyeur-calibreur mis au point par le NGA pour débarrasser le paddy des impuretés a donné des résultats tellement remarquables que 200 modèles ont été construits et distribués dans les localités de riziculteurs.

En plusieurs endroits, des études ont été amorcées pour comparer les taux de rendement et de récupération des rizeries de même type ou de principe différent. Des études de recherche opérationnelle ont donné lieu à

la recommandation de plusieurs améliorations et étant donné que le NGA est chargé de délivrer tous les permis des rizeries aux Philippines, cet organisme se trouve dans une position idéale pour introduire des techniques d'usinage améliorées en modifiant les appareils déjà installés, dont le remplacement serait trop coûteux pour les petites entreprises rurales.

Il y a quelques années, sur l'avis de conseillers étrangers, un certain nombre de grands silos et de greniers conçus et fabriqués dans d'autres pays pour un autre usage, ont été installés aux Philippines. La plupart de ces installations restent inutilisées en raison de leur inadaptation aux conditions existantes. Une fois modifiés, ils pourraient offrir une capacité de stockage supplémentaire de 125 000 tonnes. Grâce aux subventions du CRDI, le NGA en étudie l'adaptation et la gestion, dont la combinaison possible de l'aération et de la fumigation, afin de déterminer si ces éléphants blancs pourraient devenir rentables. L'état du riz stocké pendant deux ans dans l'un de ces grands silos modifiés était satisfaisant. Les recherches ont nettement établi la relation entre l'état du riz stocké dans les silos modifiés et la qualité après l'entreposage.

Le projet sur les systèmes post-récolte récemment mis en oeuvre par l'Isabella State University dans la vallée Cagayan, au nord-est du Luzon, complète les projets de l'UPLB et du NGA. Les scientifiques étudient à quel rythme les coopératives de petits riziculteurs adoptent les technologies post-récolte améliorées.

L'une des études les plus approfondies sur le système global de post-récolte du riz est effectuée par les scientifiques de l'université nationale de Séoul, située à la frontière sud de la zone démilitarisée qui sépare la Corée du Sud de la Corée du Nord. On a analysé l'effet de toutes les étapes du système post-récolte sur les différentes sortes de riz dont le riz Indica à grains longs et les variétés de *glutinous Japonica*, récoltés au cours des saisons sèches et pluvieuses. Différentes batteuses ont été comparées et la plus appropriée a été modifiée en vue d'atteindre des rendements maximaux de grains et de paille, ce dernier produit étant largement utilisé comme fourrage pour les bovins, dans la fabrication de nattes et pour l'emballage des oeufs. Afin de pouvoir la déplacer, la batteuse modifiée a été montée sur une remorque de cultivateur dotée de deux joints de cardan qui transmettent le mouvement moteur de la déchaumeuse à la batteuse.

Le séchage et le stockage du riz non décortiqué à la ferme ont été améliorés par l'utilisation de greniers avec circulation d'air, avec ou sans chaleur supplémentaire provenant d'un capteur solaire plat combiné à un tas de roches destinées à accumuler la chaleur. Bien que les résultats doivent être confirmés par d'autres expériences d'entreposage, il semble qu'en dépit de gradients d'humidité légèrement plus élevés, la chaleur solaire supplémentaire permet de prolonger la durée de stockage. Les scientifiques de Corée évaluent également l'effet de la pluie sur la qualité du paddy humide récolté ; les modifications de l'équipement et des méthodes d'exploitation en vue d'augmenter la charge de récupération du riz ; la capacité des machines et le rendement de différents systèmes de décortiquage et de polissage et l'effet de toutes les opérations sur la qualité finale du riz.

Un modèle ordinateur est utilisé pour analyser les coûts relatifs des systèmes de post-production du riz, traditionnels et améliorés, et cinq systèmes ont été retenus à des fins de comparaison. Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, le modèle constituera un outil utile pour évaluer les coûts et les besoins en main-d'oeuvre par suite de la modification des éléments des systèmes post-récolte selon les différentes variétés de riz et les différentes saisons et régions du pays. Au cours de l'étape actuelle du projet, pour combler une pénurie de main-d'oeuvre, diverses moissonneuses et lieuses mécaniques sont en train d'être modifiées pour augmenter les rendements et réduire les pertes post-récolte.

Comme dans le cas de tous les projets post-production du réseau, le projet coréen comprend des études approfondies sur les conditions socio-économiques existantes et sur les modalités de leur transformation par suite de l'application de technologies et de systèmes nouveaux ou modifiés. Bien que la Corée ne soit pas membre de l'ASEAN (Association des nations de l'Asie du Sud-Est) qui dirige le programme post-récolte du riz mentionné plus haut, l'équipe de recherche de Séoul participe aux ateliers annuels de l'équipe technique.

Le gouvernement de l'Inde accorde une grande priorité au projet de recherche sur les systèmes post-récolte concernant toutes les principales céréales et légumineuses alimentaires exploitées sur les petites fermes dans l'ensemble de l'Inde. Parmi les cinq institutions participant à cette étude, mentionnons trois universités, à savoir, la Faculté d'agriculture Tamil Nadu à Coimbatore, Udhaipur University et la Faculté d'agriculture Krishna ainsi que les institutions centrales de recherche sur le riz à Cuttack et sur le génie agricole à Bhopal. Les chercheurs visent à améliorer chaque composante technique des systèmes post-récolte des grains établis en milieu rural, dont la transformation, la distribution, le contrôle de la qualité et de l'utilisation. Le Conseil de recherches agricoles de l'Inde (ICAR) a l'intention d'étendre le programme aux oléagineux et autres cultures vivrières, et de créer au moins cinq autres institutions de recherche. L'ampleur du projet donne une idée de l'importance que le gouvernement de l'Inde accorde actuellement aux problèmes de post-récolte.

Un projet important sur les plans social et nutritionnel est actuellement mis en oeuvre par les membres de la faculté et les étudiants du College of Home Science de l'Andhra Agricultural University à Hyderabad. La plupart des travaux sont réalisés avec la collaboration des collectivités rurales pauvres situées dans les TSA de l'Inde. Le programme vise à améliorer la quantité et la qualité des grains alimentaires transformés par des méthodes locales traditionnelles et à concevoir des méthodes améliorées de manutention, de transformation et d'utilisation, acceptables sur les plans économique et social. Des données ont été recueillies auprès de plus de 2 000 familles de trois régions d'Andhra Pradesh, sur la production, la consommation, le stockage, la transformation et les préférences locales de types spécifiques de sorgho, de coracan, de pois chiche, de pois d'Angole, de haricot mungo, de niébé et de féveroles. Les effets des procédés locaux traditionnels de décortilage et de transformation sur la qualité et la quantité des protéines et la teneur en vitamines et en substances minérales ont été déterminés au moyen d'analyses et de tests biologiques. On essaie de quantifier les caracté-

ristiques souhaitables, selon les consommateurs, et de déterminer l'effet des différentes conditions de stockage sur ces caractéristiques et sur la qualité nutritionnelle. D'après les résultats, qui feront l'objet de plusieurs thèses universitaires, il est nettement évident qu'il faut augmenter la production et les réserves et améliorer l'emploi de ces légumineuses alimentaires qui constituent la principale source supplémentaire de protéines dans un régime où dominent les céréales. Il est évident que l'approvisionnement, au niveau nutritionnel, n'est pas régulier pendant toute l'année pour tous ceux qui en ont besoin. Ce projet complète les études sur les mils mineurs, les oléagineux et les systèmes post-récolte subventionnés par le CRDI en Inde ainsi que les autres programmes indiens d'amélioration des cultures vivrières.

Plusieurs aspects de la préservation et de l'utilisation des légumineuses cultivées en Asie font actuellement l'objet d'études aux Philippines, en Indonésie, en Thaïlande, au Pakistan et au Bangladesh. Les spécialistes de l'alimentation de l'Université Gadjak Mada à Yogyakarta (Indonésie) font des recherches sur les moyens de produire le tofu et le tempeh traditionnels fermentés, habituellement faits avec du soja et souvent en petites quantités, à partir de légumineuses alimentaires plus disponibles. Le pois mascate, qui croît bien sur des terres marginales et coûte environ le tiers du prix du soja présente un intérêt particulier. Une étude initiale a permis de décrire les méthodes traditionnelles de la préparation du tempeh dans sept différentes provinces indonésiennes, dont le décorticage alcalin à l'aide de cendres de bois et les différentes façons d'utiliser les moisissures du genre *Rhizopus* dans l'inoculation et la fermentation de la farine de légumineuses. On modifie et standardise les méthodes traditionnelles en vue de produire des formes acceptables de tempeh à partir de pois mascates au moyen de technologies acceptables au point de vue technique et économique dans les localités rurales d'Indonésie. En collaboration avec le département d'agronomie de l'université, on étudie les effets des différences variétales de légumineuses sur la qualité et la composition du produit fini.

À l'UPLB, aux Philippines, on a procédé à des études comparées sur la performance de quatre différents décortiqueurs utilisés pour sept différents cultivars de niébé. Des différences considérables ont été signalées entre les variétés ; en général, les graines de couleur foncée étaient plus difficiles à décortiquer que les graines non pigmentées. Les décortiqueurs fonctionnant par abrasion donnaient un meilleur rendement que les moulins à friction. Plusieurs systèmes par abrasion ont été utilisés pour décortiquer les niébés et les haricots mungo et les farines obtenues à partir des haricots crus, blanchis, germés et grillés ont été incorporées à des aliments de sevrage composés de mélanges de farine de légumineuses, de farine de riz, de sucre et de lait en poudre ainsi qu'à différents aliments traditionnels à base de légumineuses. Les résultats établissaient que les farines de légumineuses pouvaient remplacer des ingrédients de valeur nutritionnelle inférieure dans la préparation de nombreux aliments traditionnels sans en diminuer le degré d'acceptabilité. Ce projet complète le programme de sélection de légumineuses de l'université.

Au Pakistan et au Bangladesh, on a amorcé des projets post-récolte des légumineuses qui sont intégrés et complètent les recherches sur l'amé-

lioration de la production des légumineuses subventionnées dans ces pays par le CRDI.

Au Bangladesh, les systèmes traditionnels de post-récolte des légumineuses alimentaires sont évalués pour déterminer l'étendue et la cause des pertes post-récolte et, dans les localités rurales, pour trouver de meilleurs systèmes de séchage, de stockage et de distribution. Ce projet complète celui portant sur l'amélioration de la production des légumineuses de l'Institut de recherche agricole du Bangladesh (BARI). Plusieurs modèles du séchoir solaire, mis au point en Thaïlande, seront expérimentés par des populations rurales pour le séchage des graines de légumineuses et modifiés selon les besoins. Divers produits cultivés sur place, dont les feuilles de plantes insecticides, seront mélangés aux légumineuses au cours des essais de stockage à la ferme. Parmi les recherches effectuées, mentionnons les études sur les légumineuses alimentaires et la viabilité des graines de semences dans diverses conditions post-récolte.

A l'issue de l'atelier sur les produits de poissons tropicaux de première nécessité, parrainé par le CRDI à Bangkok (Thaïlande), en 1975, plusieurs projets visant la technologie de transformation du poisson ont été mis en oeuvre. Les scientifiques gouvernementaux étudient les moyens, pour les petites industries, d'enlever les arêtes des poissons de "rebut", d'en hacher la chair et de la transformer en luchkin, produit local populaire. (Le terme "rebut" est une appellation ambiguë désignant les prises fortuites d'espèces non commerciales qui accompagnent inévitablement la capture de crevettes et d'autres espèces nobles. Le gaspillage universel de protéines par le rejet des prises fortuites atteint des proportions impressionnantes.)

Au cours d'une étude de faisabilité économique préliminaire, on a évalué la demande actuelle et future du poisson haché ainsi que la quantité de prises fortuites qui pourrait être récupérée et transformée.

L'Inde, qui se classe parmi les huit principaux producteurs de poissons au monde, transforme relativement peu de poissons capturés, exception faite des crevettes. Par conséquent, pratiquement toutes les espèces maritimes capturées doivent être consommées rapidement par les collectivités côtières étant donné que la détérioration rapide rend impossible le transport et la distribution à l'intérieur des terres. Par l'expansion et l'exploitation de procédés mis au point en laboratoire, l'Institut central sur la technologie de la pêche en Inde (CIFT), en collaboration avec la Société des pêches (Fisheries corporation) de l'état du Kerala, vise à industrialiser la transformation et la distribution du poisson sur une grande échelle. Les procédés créés avec succès en laboratoire sont appliqués à l'échelle industrielle pour englober les produits dérivés de poisson haché, fumé, séché, poché et mis en conserve. Le CIFT travaille en collaboration avec les usines locales de la Société des pêches du Kerala en vue d'établir des techniques de production rationnelles ainsi que des normes relatives à la transformation et au contrôle de la qualité. Dans le cadre du projet, on effectue également des évaluations techniques et économiques des différents systèmes de transformation, d'emballage, de stockage et de transport.

Le département des Sciences et de la technologie de l'alimentation de l'université Brawijaya, en Indonésie, a récemment entrepris une étude sur la

conservation du poisson par le séchage solaire et le salage en vue de fournir des méthodes acceptables aux villages de pêcheurs.

Aux Philippines, les technologues de l'UPLB ont mis au point un séchoir à poissons alimenté par des balles de riz, d'une capacité d'environ deux tonnes. Ce séchoir fait actuellement l'objet d'évaluations techniques et économiques effectuées par l'université, en collaboration avec le Bureau des pêches et des ressources aquatiques dans les villages de pêche artisanale. Un prototype du séchoir, composé d'un brûleur à tambour unique, d'un échangeur de chaleur, d'un ventilateur longitudinal, d'une chambre de répartition d'air et de plusieurs plateaux à poissons est actuellement à l'essai avec six espèces de poissons prises à quatre emplacements aux Philippines. Après une mise au point en laboratoire et des essais à Mercedes (Camarines Norte), le séchoir qui a beaucoup évolué est expérimenté actuellement dans les villages de pêche des quatre sites. Parmi les sous-produits agricoles essayés comme combustibles, mentionnons les enveloppes de noix de coco, les coques et les balles de riz. Les pêcheurs sont initiés à l'utilisation des séchoirs et les éventuels acheteurs bénéficieront d'une aide financière du Bureau des pêches et des ressources aquatiques.

Recherche opérationnelle

Plusieurs projets présentés plus haut comprennent des méthodologies de recherche opérationnelle, dans le cadre desquelles sont étudiées les méthodes industrielles traditionnelles et actuelles afin d'évaluer et d'améliorer leur rendement sur le plan de la capacité, de l'uniformité de la qualité du produit final et de l'économie. Malheureusement, les scientifiques semblent consacrer plus d'efforts à l'invention et au "transfert" de nouvelles technologies qu'au perfectionnement des techniques en usage. Peu importe la supériorité de la nouvelle technologie, le fait est que relativement peu de petites industries peuvent se permettre de mettre au rebut leur équipement et leurs installations actuels pour les remplacer par du neuf. Dans certains cas, par conséquent, il serait plus avantageux d'effectuer des études de recherche opérationnelle pour améliorer le rendement des technologies et des installations existantes que d'essayer de transférer ou d'inventer de nouvelles technologies. On prévoit que les projets de recherches sur les opérations industrielles se multiplieront dans le cadre du programme de la Division de la SAAN, dans un proche avenir. Deux projets de ce genre qui méritent d'être signalés touchent la transformation du manioc en Thaïlande et la fabrication de la sauce soja et des nouilles, à Singapour; une troisième étude est actuellement en préparation en Thaïlande.

L'Institut asiatique de technologie (AIT) étudie, depuis plusieurs années, l'effet des variables de transformation sur la vitesse et l'efficacité du séchage ainsi que sur l'économie, la qualité et la composition du manioc séché et granulé destiné aux animaux. Les chips et les granulés de manioc sont produits dans de nombreuses petites usines de transformation en Thaïlande, en Malaysia, en Indonésie et aux Philippines. De nombreux systèmes et procédés de transformation ne sont pas soumis à un contrôle efficace et la qualité des produits varie beaucoup. Les étapes étudiées dans le projet sont la récolte, le râpage, le séchage sur diverses surfaces, la granula-

tion, le refroidissement, l'ensachage, le stockage et le transport. Les râpes standards ont été redessinées pour produire des tranches plus minces et plus uniformes. Dans des conditions environnementales favorables, les surfaces noires ont réduit la période de séchage au soleil de 20 à 25 % ; une nouvelle conception des matrices de refouillage a permis d'améliorer la dureté des granulés, et les refroidisseurs post-granulation ont également été modifiés pour augmenter le rendement du refroidissement, en réduire la durée et accroître la production. L'économie des diverses modifications est en voie d'évaluation, mais étant donné la hausse remarquable des prix mondiaux du manioc et les demandes des importateurs européens et japonais pour des normes de qualité plus exigeantes, il semble probable que de nombreuses modifications seront acceptées par les transformateurs de manioc en Asie.

L'Institut des normes et de la recherche industrielle de Singapour (SISIR) assure la direction et la coordination d'un projet de collaboration en matière de recherches sur l'exploitation industrielle dans un certain nombre de petites usines qui produisent de la sauce soja et des nouilles de céréales. L'équipe de recherches a fait une enquête auprès de plus de trente petites entreprises et a recueilli des données sur tous les facteurs opérationnels apparemment importants, dont le temps, les ressources humaines et l'énergie mécaniques requis aux différents niveaux et étapes de la production. Les résultats démontrent comment les petites industries peuvent améliorer le rendement et l'économie de l'exploitation et peuvent atteindre une meilleure uniformité sur le plan de la qualité du produit et une plus grande stabilité, par des modifications relativement peu coûteuses des techniques et procédés en usage. Les premiers résultats du projet ont été présentés à des scientifiques intéressés d'autres pays en voie de développement, au cours d'un atelier qui a eu lieu en automne 1980, à Singapour.

Recherches zootechniques

Relativement peu de projets en zootechnie ont été subventionnés en Asie, mais avec l'arrivée d'un nouveau directeur associé possédant de nombreuses années d'expérience dans ce pays, on prévoit une augmentation du nombre d'études dans ce domaine. Les quelques projets en cours sont consacrés à l'utilisation des sous-produits agricoles pour l'alimentation du bétail.

L'île indonésienne de Bali possède environ 380 000 bovins, la plupart utilisés comme animaux de trait ; le pays exporte chaque année 25 000 boeufs. Pour les espèces bovines nourries de plantes fourragères locales de faible valeur nutritionnelle, il faut compter de trois ans et demi à quatre ans pour atteindre un poids commercialisable de 400 kg. Bali produit 170 000 tonnes de chips de manioc, 65 000 tonnes de son de riz et 15 000 tonnes de farine de copra par année, sans compter la production des petites fermes qui n'est pas enregistrée. On croyait que des rations complémentaires à base de sous-produits agricoles locaux permettraient d'accélérer les taux de croissance. Au cours des expériences sur l'affouragement, effectuées dans les champs agricoles de Petang par les scientifiques de l'Université d'Udayana,

les bovins nourris uniquement de fourrage vert présentaient une augmentation de poids quotidien de 30 g comparativement à 380 g/jour chez les animaux recevant des rations équilibrées de sous-produits. Les techniques d'affouragement et les sous-produits disponibles font l'objet de relevés dans un certain nombre de villages de Bali et l'on vise actuellement à exploiter 42 espèces d'arbres potentiellement utilisables comme fourrage complémentaire. Les résultats seront applicables à d'autres régions du Sud-Est asiatique où les modèles de production agricole sont similaires.

A l'université Mahidol, en Thaïlande, les recherches des scientifiques portent sur les moyens d'utiliser dans les aliments de bétail, les sous-produits forestiers et d'autres déchets lignocellulosiques, comme la paille de céréales. Les ruminants sont capables de digérer la cellulose, mais non pas les composés de lignine et de cellulose dont sont constituées les parois épaisses des cellules de la plupart des plantes ligneuses. Cependant, les champignons lignocellolytiques qui causent la pourriture blanche et d'autres formes de décomposition chez les arbres morts ont la capacité d'hydrolyser la lignocellulose. Les scientifiques de la Thaïlande ont rassemblé plusieurs centaines d'espèces de champignons des sols tropicaux et du bois en décomposition et isolent, en culture pure, les espèces dont la croissance est la plus rapide, et qui augmentent la digestibilité et la teneur en protéines microbiennes des bagasses, de la paille de riz et des résidus lignocellulosiques. Les scientifiques sélectionnent les champignons qui présentent une grande activité lignolytique et cellulolytique à des températures tropicales, qui ne produisent pas de substances toxiques et ne présentent pas de danger pour la santé de l'homme et de l'animal. Les résultats seront utiles dans le cadre de plusieurs projets visant à augmenter la production animale à l'aide de déchets agricoles traités.



Manioc râpé employé dans l'alimentation des porcs.

Recherches forestières

Parmi les quelques projets en foresterie subventionnés en Asie, l'un d'eux revêt une importance internationale. *Leucaena leucocephala* est un arbre légumineux à fonctions multiples, originaire de l'Amérique centrale qui semble avoir une vaste capacité d'adaptation dans tous les pays tropicaux. Les civilisations amérindiennes l'ayant d'abord répandu au Mexique, cet arbre a probablement traversé la première fois l'Atlantique à la fin du XVI^e ou au début du XVII^e siècle à bord des galions espagnols qui assuraient le commerce entre les Philippines et la côte ouest du Mexique. Cette espèce a commencé à être exploitée comme plante d'ombre dans plusieurs plantations et, avec le temps, on a reconnu que *L. leucocephala* avait la capacité de fixer l'azote aux bactéries du sol par symbiose et de convertir cet azote en protéines dans les feuilles. *Leucocephala* est la plus commune des 50 espèces relevées et cet arbre existe sous de nombreuses formes qui vont des types broussailleux appropriés au broutement ou aux cultures intercalaires, jusqu'aux arbres qui atteignent près de 20 m en six ans et qui représentent une excellente source de biomasse. Étant donné sa densité élevée, le bois de cet arbre peut être transformé en charbon végétal et sous ses nombreuses formes phénotypiques, *Leucaena* offre un bon potentiel comme fourrage, engrais et combustible.

Le Conseil de la recherche agricole et des ressources des Philippines (PCARR) a collectionné plus de 120 types de *leucaena* dans 22 pays et on procède actuellement à l'évaluation de leur potentiel sylvicole et à leurs possibilités de nouvelles utilisations. Il a été démontré que l'espèce *leucaena* peut être cultivée en association avec les herbes tropicales pour servir de pâture. En intercalant le *leucaena* avec le maïs, des rendements équivalents à ceux du maïs fertilisé à l'ammoniac ont été constatés. En outre, selon certaines expériences, les cultures intercalaires réduisent les dommages dus à la pyrale du maïs qui semble incapable de traverser la rangée de *Leucaena* séparant les rangées de maïs. Une variété de riz à rendement élevé des basses terres des Philippines, fertilisée uniquement avec des feuilles de *Leucaena*, a produit entre 7 et 9 tonnes de grains par hectare. En utilisant ces mêmes feuilles avec le riz des bas-plateaux, les rendements de 4 tonnes/ha étaient comparables aux rendements des mêmes variétés fertilisées avec 80-30-30 NPK.

Conformément à sa politique de promouvoir la recherche sur les espèces de plantes indigènes importantes dans un pays donné mais qui ont été négligées par les scientifiques, le CRDI s'occupe de la mise en oeuvre de deux réseaux qui promettent de jouer un rôle vital en Asie. Le premier est axé sur le rotin, qui appartient à un vaste groupe diversifié de palmiers appelés Lepidocaryoideae et, le deuxième sur le bambou, herbe géante de la sous-famille des Bambusoideae qui se présentent sous de nombreuses formes phénotypiques. Le rotin et le bambou ont de nombreuses utilisations chez les populations rurales d'Asie.

Dans le cadre d'un projet de l'Institut de recherches en foresterie à Chittagong, Bangladesh, les scientifiques sélectionnent et évaluent les espèces de bambou locales et exotiques. Ils étudient des méthodes de propagation rapide et identifient les types dont les propriétés sont utiles dans

l'alimentation, la construction et l'artisanat. Il semble, qu'en plus de satisfaire aux exigences industrielles et artisanales, les plantations de bambou peuvent contribuer à prévenir l'érosion du sol.

Afin de faciliter la formation des réseaux de recherche sur le rotin et le bambou, deux ateliers ont été organisés respectivement en 1979 et 1980 à Singapour et les comptes rendus des réunions ont été publiés par le CRDI (IDRC-155e et IDRC-159e).

Amérique latine et Antilles

La SAAN a subventionné plus de 50 projets dans 20 pays de l'Amérique latine — région comprenant le Mexique, l'Amérique centrale, l'Amérique du Sud et les Antilles.

Les grands traits physiographiques de la région sont les suivants : la Cordillère, comprenant les Andes et les montagnes de la Sierra Madre ; les hauts plateaux du Brésil et de la Guyane, dans le nord-est du continent ; les bassins de l'Amazone, de l'Orénoque et du río de la Plata et les îles des Antilles. Dans de nombreuses régions, les sols sont surtout latéritiques, donc relativement pauvres.

Cette région se compose de quatre grandes zones de végétation : les forêts humides de certaines parties du Brésil, de l'Amérique centrale et des îles ; les forêts sèches, les zones de cactus et de scrub et les déserts, surtout au Mexique, au Pérou, au Chili et en Argentine ; les savanes et les pâturages du Venezuela et du Brésil et les zones subalpines de la Cordillère. Dans l'ensemble de la région, l'utilisation des terres se répartit comme suit : 6 % en terres arables et cultures permanentes ; 24 % en pâturages permanents ; 49 % en forêts ; 21 % en autres utilisations, y compris les zones urbaines et d'évacuation. Par comparaison, la proportion de terres arables en Amérique du Nord et dans le monde est d'environ 11 %.

Plus des deux tiers de la population de l'Amérique latine — environ 360 millions d'habitants — tirent la majeure partie de leurs revenus de l'agriculture : 1/10 de la production mondiale d'aliments et de fibres (plus des 2/3 des exportations totales des pays de ce continent). Depuis 1976, dans l'ensemble de la région, l'indice de production alimentaire par habitant n'a presque pas augmenté. Bien qu'il se soit élevé au Brésil, en Argentine et en Colombie, il a diminué dans plusieurs autres pays.

On s'attend à ce que vers la fin du siècle, environ 80 à 90 % de la population prévue de 525 millions à 600 millions d'habitants de l'Amérique latine habiteront les villes, par rapport à 60 % en 1979. Si la production d'aliments et les conditions de vie des pauvres des milieux ruraux peuvent être améliorées, la pression sera moins grande sur les zones urbaines.

Le Programme de zootechnie a surtout été concentré en Amérique latine et aux Antilles. La plupart des projets portaient sur l'amélioration des pâturages, l'utilisation en fourrage des sous-produits qui auraient été perdus autrement, et sur l'élevage et l'intégration dans les fermes rurales de races indigènes et étrangères. Une activité des plus prometteuses a marqué le Programme des pêches : l'utilisation alimentaire d'une grande partie des prises fortuites des crevettiers pêchant au large de la côte de la Guyane.

Le Programme des cultures comportait surtout des recherches sur les systèmes cultureux, les cultures indigènes de subsistance, y compris le quinoa (*Chenopodium quinoa*), céréale ancienne et traditionnelle qui n'avait presque pas fait l'objet de recherches jusqu'à ce jour.

Contrairement à l'Afrique, où le Programme de foresterie porte surtout sur les recherches en production, l'Amérique latine possède d'abondantes forêts mal utilisées et exploitées. En conséquence, le programme de la SAAN vise surtout le perfectionnement des techniques pour la transformation utile des très nombreuses espèces tropicales.

Le tableau 5 présente le résumé du nombre et de la valeur des projets subventionnés dans la région.

Recherches zootechniques

C'est en Amérique latine et aux Antilles que le Programme de zootechnie de la Division s'est le plus développé. Bien que cela soit dû en partie au fait que deux directeurs associés aient été successivement postés en Colombie, ce phénomène reflète également l'importance des animaux de ferme dans les systèmes agricoles de l'Amérique latine. A cet égard, les projets dans cette région respectent l'ordre de priorité décrit dans l'introduction de la présente brochure et visent, dans plusieurs cas, l'amélioration des pâturages, la production de fourrage à partir de divers sous-produits et la mise au point de systèmes de production intégrée concentrés sur les races bien adaptées et indigènes.

La sierra des Hautes-Andes est une zone écologique importante qui traverse l'Amérique du Sud sur presque toute sa longueur, à une altitude dépassant souvent 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est dans la sierra péruvienne, d'une superficie de 20 millions d'hectares, que la plupart des bovins, des moutons et des camélidés sont élevés. L'accroissement pondéral de ces animaux est lent, car les pâturages indigènes ne leur fournissent pas suffisamment d'énergie utilisable, de protéines digestibles et de minéraux essentiels. Le gouvernement du Pérou a tenté de réduire la sortie de devises pour l'importation de produits d'origine animale en interdisant l'achat de viande pendant une période de 15 jours chaque mois.

Amélioration des pâturages

Il y a dix ans, la réforme agraire a donné lieu à la création des SAIS, Sociétés agricoles d'intérêt social pour la gestion des grandes fermes des Hautes-Andes, expropriées par le gouvernement du Pérou et exploitées en coopératives par les paysans qui n'avaient pas de terres auparavant. Bien que leur structure et leur vocation varient de l'une à l'autre, toutes les SAIS aident les *campesinos* groupés en coopératives à obtenir des moyens et des crédits agricoles, à planifier et à commercialiser leur production. Étant donné que plusieurs de ces sociétés pratiquent surtout l'élevage, on accorde une haute priorité à l'amélioration des pâturages. En collaboration avec les membres d'une SAIS de la Sierra centrale (dont 68 % sont des Amérindiens, 29 % des métayers et 3 % des ouvriers permanents), des scientifiques de

Tableau 5. Nombre de projets et total des affectations en Amérique latine et dans les Antilles.

Pays	Cultures et systèmes culturaux		Pêches		Zootechnie		Foresterie		Systèmes post-production	
	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets	Affectations ('000 \$)	Nombre de projets
Belize			147,3 (27%)	1 (33%)	404,3 (73%)	2 (67%)				
Bolivie	668,1 (79%)	2 (67%)					175,4 (21%)	1 (33%)		
Brésil	101 (19%)	2 (67%)	418,9 (81%)	1 (33%)						
Chili	456,4 (35%)	3 (43%)	280 (22%)	1 (14%)	296,8 (23%)	1 (14%)			253,3 (20%)	2 (29%)
Colombie	1 539,4 (54%)	9 (64%)	236,8 (8%)	1 (7%)	1 096 (38%)	4 (29%)				
Costa Rica	444 (69%)	3 (60%)			967 (31%)	2 (40%)				
Cuba			73,7 (100%)	1 (100%)						
République Dominicaine			140,1 (100%)	1 (100%)						
El Salvador					385,2 (100%)	1 (100%)				
Équateur			185,7 (100%)	1 (100%)						
Guatemala					395,4 (30%)	2 (40%)	319 (24%)	1 (20%)	607,6 (46%)	2 (40%)
Guyane			748 (100%)	3 (100%)						
Honduras	226,6 (100%)	1 (100%)								

Jamaïque	1 175,7 (62%)	6 (67%)	227,7 (12%)	1 (11%)	502,5 (26%)	2 (22%)				
Mexique	194,9 (13%)	2 (29%)			1 222,4 (82%)	4 (57%)	75,3 (5%)	1 (14%)		
Nicaragua	302,5 (100%)	1 (100%)								
Panama	76,1 (10%)	1 (25%)			516,3 (69%)	2 (50%)			160,5 (21%)	1 (25%)
Pérou	398,5 (10%)	1 (8%)	212,8 (5%)	1 (8%)	1 058,9 (25%)	4 (30%)	2 119,1 (51%)	4 (30%)	359,2 (9%)	3 (24%)
Sainte-Lucie	649,2 (79%)	2 (67%)	172,3 (21%)	1 (33%)						
Trinité et Tobago	393,7 (71%)	5 (71%)			147,5 (27%)	1 (14,5%)			10,8 (2%)	1 (14,5%)

l'Université nationale d'agriculture font des expériences en vue d'augmenter la quantité et la qualité des pâturages alpins par la culture d'espèces indigènes et exotiques de graminées et de légumineuses fourragères.

Les résultats d'une étude agrosto-édaphique ont été cartographiés et les régions les plus propices à l'aménagement de pâturages ont été déterminées. Plus de 120 sites ont été choisis et caractérisés pour l'essai de divers modes de gestion de pâturages. Une vingtaine de différentes espèces de graminées et de légumineuses ont été soumises à des essais agronomiques à plus de 4 000 mètres d'altitude. Une étude de base de l'élevage traditionnel et des conditions socioéconomiques dominantes a permis l'évaluation comparative des avantages que procurent les changements de méthodes. La production en matières sèches de l'ivraie a atteint en culture pluviale 20 t/ha, ce qui représentait un surplus de fourrage qu'on a pu conserver. Les pâturages où l'on avait associé l'ivraie au trèfle blanc et au trèfle rouge ont produit 18 t/ha de fourrage d'une teneur en protéines de 15,2 % comparativement aux pâturages indigènes voisins qui avaient un rendement de 1,5 t/ha avec un taux de protéines de 5,7 %. Toujours par rapport aux pâturages indigènes, on a observé une augmentation en pourcentage du taux de naissance et de mise bas chez les moutons qui broutaient dans les pâturages améliorés, ainsi qu'une diminution importante de la mortalité et une production accrue de laine et de viande chez les moutons comme chez les brebis.

Les méthodes de régénération des pâturages comprenaient la plantation de *Pinus insignis* — provenant d'une recherche sur le boisement subventionnée par le CRDI — comme brise-vent pour protéger les sols fragiles des pâturages. On étudie la valeur nutritive de plusieurs espèces de graminées fourragères à rendement élevé stockées sous forme de foin sec ou d'ensilage. L'étude porte également sur l'état de santé général des animaux qui broutent ces pâturages et leur résistance aux maladies parasitaires. Les déficits en phosphore sont éliminés par le traitement au phosphate brut grâce à des méthodes mises au point par l'IFDC et le CIAT dans le cadre d'un projet dont il sera question plus loin.

Tout à l'opposé de la région côtière du Pérou, où la densité démographique atteint presque 500 habitants par kilomètre carré de terre arable, la région péruvienne de l'Amazonie a une densité de population moyenne de 1,5 habitant/km². Il s'effectue donc une migration importante et constante de la côte vers le bassin de l'Amazonie en passant par les Andes. Les migrants s'installent dans les clairières où la destruction de la végétation produit la diminution rapide de la fertilité du sol par lixiviation et acidification accrue. Ces sols peu fertiles sont classés comme andosols et sont caractérisés par une faible teneur en phosphore et une quantité élevée de fer et d'aluminium. Certains indices permettent de croire que la culture d'un mélange approprié de graminées et de légumineuses fourragères pourrait limiter l'érosion et augmenter la fertilité du sol de ces clairières et maintenir la population bovine, augmentant ainsi les emplois, les revenus et la quantité de nourriture des nouveaux arrivés. En outre, l'augmentation de la production bovine permettrait de réduire les fortes importations de viande et de lait.

L'Institut vétérinaire de la recherche tropicale en hautes altitudes (IVITA) compte un personnel scientifique expérimenté en recherches sur la production animale dans la région tropicale de l'Amazonie. Dans le cadre d'un projet entrepris en 1979, les scientifiques de l'IVITA, de concert avec les SAIS de la vallée de l'Amazone, tentent de réaliser les objectifs suivants : l'introduction d'espèces adaptables de graminées et de légumineuses fourragères ; la création de méthodes efficaces de gestion des pâturages dans les clairières de l'Amazonie ; la mise au point de systèmes de gestion de pâturages, de conservation du fourrage et de culture de nouvelles espèces ; la lutte efficace contre les maladies ; et l'étude des incidences économiques et sociales de l'établissement de systèmes intégrés d'élevage pour la production laitière et de viande.

La densité de la population est inférieure à un habitant au kilomètre carré dans les 700 millions d'hectares du bassin de l'Amazone, qui touchent six pays de l'Amérique du Sud. Une industrie viable de production animale assurerait ressources alimentaires et emploi et favoriserait la migration dans cette région sous-développée.

D'autres projets d'amélioration des pâturages sont subventionnés au Mexique, aux Antilles, à Belize, au Chili et à Panama. Même si les conditions locales et les objectifs varient dans chaque cas, les méthodes de base sont essentiellement les mêmes. Chaque projet comporte d'abord une étude détaillée des conditions édaphiques, météorologiques, sociales et économiques et de l'évolution de la production bovine dans les régions considérées. Des espèces de graminées et de légumineuses, y compris les espèces indigènes sauvages et les espèces exotiques importées, sont plantées avec des herbes pures et mixtes. Une fois leur taux de croissance mesuré et leur teneur en matières sèches analysée du point de vue de la composition en substances nutritives, les espèces et les combinaisons les plus prometteuses sont soumises à des essais de pâturage contrôlés. La plantation et le broutage à grande échelle sont suivis d'une analyse des facteurs critiques, dont la vitesse d'accroissement pondéral des animaux, la production laitière, la composition des carcasses et l'état de santé général des individus.

En plusieurs endroits au Mexique, l'Institut national de recherches agricoles a déterminé le taux de production fourragère de nombreuses espèces de graminées, de légumineuses et d'autres plantes et leur influence sur la production laitière des vaches locales et des chèvres domestiques lorsqu'elles sont consommées vertes, en foin ou après ensilage. A cause du nombre de facteurs considérés, on a fait appel aux services d'experts-conseils pour la conception et l'interprétation de méthodes de programmation linéaire et de modèles tenant compte des conditions techniques, agronomiques et économiques influant sur la production et l'utilisation des plantes fourragères ainsi que la production laitière.

Dans le cadre d'un projet coopératif réalisé dans les Antilles et à Belize, des scientifiques ont réuni et assemblé une imposante collection de matériel génétique de plantes fourragères indigènes et exotiques dans divers types de sols. Plusieurs combinaisons d'espèces à croissance rapide et résistantes à un broutage intensif, en particulier sur les crêtes basses couvertes de pins, ont été étudiées et les résultats quantifiés et analysés. Le grand nombre

d'espèces fourragères que comprend le matériel génétique de Belize a une valeur particulièrement importante.

L'Université Catholique du Chili poursuit son programme d'amélioration des pâturages en faveur du bétail laitier et de boucherie, et l'Université du Panamá, par des méthodes similaires, tente d'augmenter la production de lait, de viande et de volaille par la culture d'espèces fourragères de pois d'Angole et de *leucaena*, espèce d'arbre à fonctions multiples décrite dans la section portant sur le programme forestier d'Asie. Des progrès ont été accomplis en ce qui concerne l'augmentation de la production de fourrage et l'amélioration des régimes alimentaires des animaux lorsque l'apport en graminées indigènes est complété par les espèces de légumineuses décrites, sous forme de fourrage vert, de foin ou d'ensilage traités par acidification et par l'addition de mélasse.

A la station de recherches de Cualaca, à Panamá, une équipe de vétérinaires, d'agrostologues et de spécialistes de la nutrition et de l'élevage des animaux étudie 800 têtes de bétail Cebu et Holstein-Cebu. On veut augmenter la production de lait et de viande par l'amélioration des pâturages, des graminées et des légumineuses conservées, complétées de sous-produits agricoles. Le Panamá importe plus de 50 % de son lait et, en raison de la faible qualité nutritive de l'espèce de graminée établie, *faraqua*, la production laitière et l'accroissement pondéral des animaux sont inférieurs à ce qu'ils pourraient être si l'on employait des systèmes améliorés. Pendant les deux premières années du programme, l'utilisation de ces systèmes améliorés a permis de doubler la production annuelle de lait du troupeau expérimental. Cela a suscité l'intérêt de la Banque d'agriculture et de développement qui financera, espère-t-on, l'exploitation des résultats et la poursuite des recherches.

L'évaluation de petites fermes du Costa Rica a permis de tirer les conclusions suivantes : 76 % des exploitants pratiquent à la fois l'élevage et les cultures annuelles et vivaces ; 97 % des éleveurs produisent du lait et de la viande ; le lait représente 90 % de la valeur de la production ; la principale source d'alimentation des animaux est le pâturage complété par des sous-produits agricoles tel que bagasse, les tiges de bananes et sous-produits de sucrerie ; un obstacle important à l'augmentation de la production est la mauvaise gestion des pâturages qui en entraîne la surexploitation. De concert avec des fermiers du Costa Rica et dans une ferme expérimentale reproduisant les conditions réelles rencontrées dans les petites exploitations de ce pays, des scientifiques du Centre agronomique de recherche et d'enseignement (CATIE) perfectionnent les systèmes de production par l'amélioration des pâturages et l'utilisation plus efficace des sous-produits de la ferme et autres déchets fermiers.

Au Mexique et dans plusieurs pays de l'Amérique centrale, l'objectif visé est l'alimentation des animaux de la ferme avec des résidus et des sous-produits agricoles et industriels. Six instituts de recherche du Mexique, dont l'action est coordonnée par le Conseil national des sciences et de la technologie, collaborent à des travaux de recherches sur l'utilisation de divers sous-produits de la canne à sucre pour l'alimentation des bovins et des vaches laitières. Les résultats des évaluations classiques de l'accroissement pondéral et de l'augmentation de la production laitière en fonction de

divers régimes dérivés de la canne à sucre sont corroborés par ceux d'études microbiologiques et biochimiques plus détaillées sur l'effet de la forte consommation de sucre sur la composition du rumen. Il a été constaté que les qualités nutritives de la canne brute ne sont pas inférieures à celles de la canne écorcée, pourvu que les tiges soient hachées en morceaux de 3 à 20 mm. L'efficacité du fourrage a été améliorée par la fermentation anaérobie en milieu liquide de mélasses, de bagasses et d'azote inorganique. Lorsqu'on ajoutait le produit appelé Biofermel au fourrage, on observait des accroissements pondéraux atteignant presque 1 kg/j chez les bovins de 200 kg. Il a également été constaté que l'addition de glycérine au fourrage pouvait neutraliser la toxicité causée par des fortes teneurs en mélasse. D'après les résultats globaux, il est possible d'employer des systèmes d'alimentation intégrés dans la zone tropicale du Mexique par le pâturage pendant la saison des pluies et l'utilisation de fourrage ensilé et de la canne à sucre traitée pendant la saison sèche.

D'énormes quantités de pulpe de café, matière charnue qui entoure la graine, sont jetées et polluent les cours d'eaux en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Cette substance a une teneur en protéines qui la rend nutritive : il a été déterminé que l'équivalent d'environ 100 000 tonnes de protéines sont ainsi gaspillées chaque année. A cause de la présence de résidus de caféine et peut-être d'autres polyphénols antinutritionnels, l'ingestion de pulpe de café dans une proportion supérieure à 20 % de la ration alimentaire ralentissait l'accroissement pondéral chez les jeunes animaux et le rendement des vaches à lait.

A l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et du Panamá (INCAP), on tente de détecter les antinutriments polyphénoliques de la pulpe de café, de mettre au point des méthodes de traitement afin d'éliminer ou de neutraliser leurs effets négatifs, et de produire des aliments composés à partir de mélanges de pulpe de café séchée et traitée et d'autres sous-produits agricoles.

Parmi les méthodes qui semblent réduire les effets des antinutriments, on trouve le vieillissement de la pulpe séchée, l'ensilage de la pulpe avec d'autres résidus agricoles avant le séchage, et la décaféination par le lessivage. Les recherches se poursuivent en collaboration avec les éleveurs de bétail de l'Amérique centrale afin d'appliquer les résultats obtenus par l'INCAP dans la mise au point de systèmes d'alimentation acceptables. L'INCAP travaille également à améliorer l'élevage du porc indigène qui se caractérise non seulement par sa grande résistance aux maladies locales, mais dont le système semble convertir les aliments, en particulier ceux dont le taux protéique est faible, plus efficacement que celui des espèces exotiques importées.

A plus de 4 000 mètres d'altitude, la pression barométrique équivaut à 40 % de celle du niveau de la mer et les températures atteignent le point de congélation 300 nuits par année. Seules les espèces indigènes et celles qui sont bien adaptées à ces conditions difficiles peuvent survivre ; parmi celles-ci on trouve les camélidés indigènes, lama, alpaga et vigogne. Au Pérou, des vétérinaires et des zootechniciens ont commencé à étudier la physiologie des espèces indigènes de camélidés et l'efficacité de leur alimentation.

L'alpaga et le lama, dont quelque 7 millions d'individus sont élevés dans les pâturages dispersés des Hautes-Andes, constituent une source de revenus pour les Amérindiens défavorisés qui en tirent le lait, la viande et la laine pour se vêtir. Tout comme la plupart des autres races indigènes, celles-ci ont été négligées par les chercheurs jusqu'à présent. Les chercheurs profiteront des données sur les pâturages andins décrites ci-dessus, et ils choisiront les espèces fourragères qui peuvent survivre et croître à des altitudes beaucoup plus élevées que celles pouvant être tolérées par les moutons et les bovins des Andes. On étudie les besoins nutritionnels et les habitudes alimentaires des camélidés et la qualité des pâturages naturels et cultivés à une altitude supérieure à 4 000 mètres afin de mettre au point des systèmes de production plus efficaces et plus intensifs pour les troupeaux de camélidés domestiques. Les camélidés souffrent de gastro-entérite parasitaire causée par des vers intestinaux, de coccidiose due à des protozoaires intestinaux, de la gale



Lamas pâturant sur le versant des Hautes-Andes.

sarcoptique causée par les mites et les tiques, et d'entérotoxémie, infection intestinale causée par le *Clostridium perfringens*. On étudiera un certain nombre de vers, les espèces de bactérie *Clostridium* et d'autres parasites intestinaux et épidermiques qui attaquent les camélidés, nuisent à leur santé et à la qualité de leur laine et réduisent leur aptitude à transformer les aliments.

Un petit réseau de projets sur l'amélioration du porc a été créé en Colombie et dans certaines universités de la Bolivie, du Costa Rica, du Panamá et du Pérou. Ces études ont permis aux jeunes scientifiques formés au CIAT d'appliquer dans leur propre pays les méthodes apprises. Bien que chaque projet soit relativement modeste, des progrès ont été accomplis dans la création de centres de recherches sur la production porcine et la mise au point de systèmes d'alimentation basés sur les sous-produits agricoles locaux. Le troupeau de géniteurs comprenait des lignées Durok, Hampshire et Yorkshire croisées avec des races locales.

Recherches sur les pêches

On s'efforce de plus en plus d'augmenter les ressources de poissons et de plantes aquatiques à des fins alimentaires dans toutes les Antilles et dans tous les pays de l'Amérique latine, même si le potentiel institutionnel et en ressources humaines spécialisées est limité.

Ostréiculture sous les tropiques

A l'Université des Indes-Occidentales, l'ostréiculture tropicale semble avoir bénéficié des résultats de programmes connexes subventionnés par le CRDI en Asie et en Afrique. Les méthodes faisant appel au radeau de type "en encorbellement" et à un panier d'engraissement mis au point au Japon sont prometteuses et les travaux intéressent le gouvernement de la Jamaïque et la Banque de développement des Antilles.

Sur la côte ouest de la Colombie, dans les baies de Buenaventura et de Malaga, des scientifiques universitaires, en collaboration avec les communautés pratiquant la culture artisanale de mangrove, déterminent le cycle et les caractères biologiques de la palourde (*Anadara tuberculosa*) et du crabe de mangrove. Ces travaux sont préliminaires à la culture et à l'élevage éventuels de ces deux espèces indigènes dont la prolificité augmenterait les ressources alimentaires locales.

Simultanément, sur la côte atlantique de la Colombie, une station expérimentale est actuellement construite et équipée pour une ostréiculture tropicale intensive. L'objet ultime de ce programme est de fonder une coopérative ostréicole qui assurerait les services de financement et de commercialisation aux pêcheurs côtiers qui cultiveront éventuellement ces bivalves.

Bioécologie et facteurs environnementaux

Les côtes du Pérou et du Chili sont renommées pour la richesse de leur faune marine. Des scientifiques de l'Universidad Nacional Agraria du Pérou

et des organisations de pêcheurs étudient les facteurs bioécologiques et environnementaux qui influent sur les taux de survie et de croissance de trois espèces de mollusques indigènes dont se nourrissent les populations côtières. En acquérant une meilleure connaissance de la biologie et des habitudes alimentaires de ces espèces, on prévoit mettre au point des techniques aquicoles permettant de comparer les méthodes de culture sur flotteurs, sur radeaux et sur parc.

Au Chili, des biologistes, en collaboration avec des pêcheurs, étudient les cycles biologiques et les modes de croissance de plusieurs espèces indigènes d'algues et d'invertébrés marins. La crue des eaux du Humboldt produit l'un des milieux marins les plus riches au monde. Si l'on veut augmenter la récolte des espèces considérées et la rendre plus régulière, il faut de toute urgence augmenter les connaissances sur les facteurs bioécologiques interdépendants ; il faut d'abord assurer une réglementation adéquate des prises et la protection des espèces importantes et ensuite déterminer les espèces de plantes et d'invertébrés marins qui semblent cultivables. On créera éventuellement un système de culture intégré d'algues marines, de mollusques et d'autres invertébrés.

Les centres de recherches sur les pêches de Belize étudie l'évolution de la conque des Antilles (*Strombus gigas*) afin d'établir une base biologique solide pour la culture rationnelle et la gestion et la protection efficaces de cette espèce précieuse. Les travaux comprennent l'évaluation des stocks et l'étude des taux de croissance, de la taille adulte, des habitudes et des saisons de reproduction, de l'alimentation, de la survie et des comportements migratoires. Non seulement les données recueillies formeront une base pour le contrôle de la culture et de la conservation, mais elles permettront d'indiquer la quantité de coquilles pouvant servir à l'artisanat et la faisabilité des projets de collection de frai et d'élevage des conques.

Le chame (*Dormitator latifrons*) est un poisson comestible populaire pêché le long de la côte ouest de l'Amérique latine, dans les régions tropicales. Un groupe d'organismes de l'Équateur étudie la biologie, l'évolution, la distribution, le taux de survie et la condition de cette espèce capturée selon les méthodes de pêche traditionnelles. L'analyse des résultats permettra de comparer les systèmes de culture qui semblent les plus appropriés en eaux douces, saumâtres et salées. Les recherches porteront également sur la reproduction, le taux de survie et de croissance des juvéniles et les besoins alimentaires des poissons à tous les stades.

Cinq organismes gouvernementaux et universitaires du Brésil ont entrepris un projet ambitieux qui, s'il réussit, aura des retombées extrêmement avantageuses pour le bassin de l'Amazonie. Il s'agit de sélectionner et, par des analyses biologiques et environnementales, de faire reproduire en captivité et d'élever plusieurs espèces de poissons amazoniens très estimées des autochtones. Même si l'on connaît plus de 12 000 espèces de poissons comestibles dans l'Amazonie, on s'est surtout attardé dans le passé à la biologie des poissons ornementaux d'aquarium pour l'exportation. Il s'agit de la première grande tentative de culture des espèces indigènes pour consommation locale, et le gouvernement du Brésil a témoigné de sa confiance dans l'issue du projet par l'importance de sa contribution financière. Le CRDI contribuera à la recherche en fournissant des méthodes et des

renseignements pertinents et en diffusant les résultats utiles aux autres pays baignés par l'Amazone.

En Guyane, la société paragouvernementale d'exploitation de la canne à sucre et l'université nationale tentent d'établir la polyculture piscicole dans les champs de canne à sucre inondés — il est coutume depuis longtemps d'inonder ces champs après la récolte. L'objectif visé est la reproduction et la propagation pendant la période d'inondation de plusieurs espèces non concurrentielles à croissance rapide, notamment la tilapie, la carpe et le callichthys, afin d'augmenter la quantité de poisson comestible et les revenus des petits producteurs de canne à sucre.

Toujours en Guyane, le ministère du Développement national et de l'Agriculture et la société Guyana Processors Ltd. expérimentent des méthodes de traitement et de commercialisation de diverses espèces de poisson qui sont actuellement rejetées à la mer, au large de la côte, par les crevettiers. Des renseignements intéressants ont été obtenus sur les stocks saisonniers de diverses espèces faisant partie des prises marginales et sur la mise au point de procédés appropriés et de nouveaux produits permettant d'exploiter ces stocks. Afin de poursuivre ses travaux, Guyana Food Processors Ltd. a pu obtenir 4 millions de dollars de la CEE, Communauté économique européenne, pour l'acquisition d'un nouveau matériel de traitement et 17 millions de dollars de la Banque interaméricaine de développement (BID) pour l'achat de plusieurs nouveaux chalutiers et l'obtention d'une aide technique supplémentaire.

En République Dominicaine, le Centre de recherche et d'amélioration de la production animale (CIMPA) espère mettre sur pied un programme



Triage des prises fortuites sur un crevettier au large de la côte guyanaise.

combiné d'élevage et de pisciculture en nasses et en cages flottantes dans les lacs intérieurs, les canaux d'irrigation et les lagons côtiers. Des études bioécologiques des espèces autochtones de poissons permettront d'établir quels sont les systèmes de culture les mieux adaptés aux espèces choisies.

Dans le cadre d'un programme entrepris récemment, l'Unité de gestion des pêches de Sainte-Lucie, en collaboration avec une coopérative de pêcheurs, étudie les caractères biologiques d'espèces indigènes d'algues marines comme la mousse de mer et les moyens de les cultiver avec les poissons et les coquillages. Dans de nombreuses localités côtières, les extraits d'algues sont utilisés pour la préparation d'aliments et vendus à des entreprises qui les transforment par des moyens chimiques en des substances destinées aux industries alimentaire et pharmaceutique, comme les gellifiants, les stabilisants et les émulsifiants. Les prises annuelles de mousse de mer dans les Antilles, qui ont déjà atteint environ 5 000 tonnes en poids sec, atteignent à peine 100 tonnes maintenant. D'après la demande réelle et prévue, il serait souhaitable d'envisager la culture des grandes espèces d'algues marines en combinaison avec des poissons et des coquillages. Des expériences de culture de différentes espèces seront faites dans des baies en eaux calmes à l'aide de grilles de fond et de cages flottantes. Le taux de croissance des espèces d'algues cultivées sera comparé à celui des espèces naturelles en différents endroits sur la côte et dans différentes conditions environnementales. En outre, le taux de croissance des clones des espèces préférées sera comparé au cours d'essais de monoculture et de culture mixte. Les incidences des prédateurs, des compétiteurs et des commensaux et d'autres facteurs écologiques seront également étudiés.

Recherches sur les cultures

En matière de recherches agricoles, il est facile de démontrer que les méthodes mises au point et l'expérience acquise en Asie sont très utiles à la conception et à la mise en oeuvre d'un nombre de plus en plus grand de systèmes de culture et d'exploitation agricole en Amérique latine. Du point de vue de la direction et de la conception, le réseau de l'Asie a profité de l'expérience déjà acquise par la SAAN en Colombie, où ont été réalisées les premières recherches sur les systèmes cultureux subventionnés par la Division.

Le projet Caqueza

Le projet Caqueza a commencé en 1971 lorsque l'Institut colombien d'agriculture (ICA) a demandé l'aide du CRDI pour la restructuration de son programme d'aménagement rural intégré. Les résultats de ce projet ambitieux, qui visaient un mieux-être social et économique et l'augmentation de la productivité des petites fermes, sont exposés en détail dans la publication du CRDI intitulée *Caqueza : Living Rural Development* (IDRC-107e). Ce projet a été mis en oeuvre dans la partie est de la vallée de la Cundinamarca où 75 % de la population vit dans de petites fermes, dont un grand nombre se trouvent à flanc de montagne, à plus de 2 000 mètres d'altitude. Les cultures les plus importantes sont le maïs, la pomme de terre et diverses légumineuses ; au moins trois cultures sont exploitées simultanément, et la récolte dure

plusieurs mois. On a mis au point des méthodes adaptées aux petites fermes qui ont permis d'augmenter considérablement le rendement des cultures de maïs et d'autres espèces. Ces méthodes ont été adaptées relativement vite, car toutes les recherches ont été faites en collaboration étroite avec les populations rurales auxquelles elles devaient profiter. On visait surtout à améliorer considérablement les systèmes d'exploitation agricole traditionnels en créant des semences supérieures, de meilleures méthodes agronomiques et en fournissant des services de consultation. Les recherches qui semblaient comporter un risque plus élevé que la moyenne étaient effectuées sur des parcelles de terrain choisies au hasard parmi les fermes participantes. En conséquence, même si l'environnement était typique de la région, les fermiers n'ont pas eu à expérimenter ou adopter des innovations n'ayant pas fait l'objet d'une sélection rationnelle. Les résultats ont permis de confirmer l'existence d'une attitude presque universelle chez les petits exploitants agricoles : dans des entreprises à risque élevé, ceux-ci préféraient réduire les risques au minimum plutôt que de chercher une production et un profit maximaux.

Ce projet a non seulement illustré la nécessité de comprendre d'abord entièrement le petit exploitant et les obstacles auxquels il doit faire face avant de rechercher les perfectionnements techniques, mais il a également permis d'établir des liens entre les scientifiques colombiens et les petits fermiers et, finalement, de réorienter l'ICA vers les besoins des agriculteurs plutôt que de conduire des recherches discrètes et parfois isolées. Les méthodes employées, perfectionnées par la suite en Asie, exigeaient que la plupart des travaux soient effectués sur les terres des fermiers et dans des conditions très proches de celles prévalant sur ces petites fermes.

Le secteur rural de la Colombie a été redivisé ultérieurement en 86 zones de développement rural, chacune comprenant à peu près le même nombre de municipalités que le projet Caqueza, et ayant accès aux services du personnel de recherche, de démonstration et de formation de l'ICA.

Le projet Caqueza semble également avoir eu une influence sur les autorités de l'université nationale, qui décernent maintenant des diplômes d'études supérieures à des administrateurs de programmes de recherche disséminés dans tout le pays, et celles de l'université rurale, dont le programme de recherche sur les petites fermes est maintenant subventionné par le CRDI.

Le CRDI aide également l'ICA à mener à bien un important programme de recherche en polyculture touchant plusieurs régions de la Colombie. Environ 80 % des recherches sont effectuées dans les champs, et le reste dans des stations expérimentales de l'ICA. En plusieurs endroits, on tente de trouver des moyens d'augmenter et de stabiliser la production totale des cultures associées traditionnelles des petites fermes, en prenant le moins de risques possible. Les associations étudiées comprennent: le maïs + diverses espèces de haricots à rames ; pomme de terre + pois ; canne à sucre + légumineuses alimentaires et des combinaisons de plantains + maïs ou + manioc ou + légumineuses alimentaires. Les scientifiques de l'ICA, qui travaillent en collaboration avec les petits exploitants, étudient les effets agronomiques et économiques d'un grand nombre de variables et compare-

ront les nouvelles techniques avec les méthodes de culture traditionnelles. L'IRRI, dans le cadre de son programme de systèmes cultureux, apportera sa collaboration en accordant des bourses de perfectionnement.

Au Pérou, les universités de Puno, Cuzco et Ayacucho poursuivent des recherches sur les systèmes cultureux dans diverses conditions dans les Andes en collaboration avec des agriculteurs autochtones. Les cultures, surtout indigènes, comprennent la pomme de terre, le quinoa et d'autres espèces croissant en haute altitude. Des expériences sont menées en collaboration avec des fermiers sur leurs propres terres et avec des écoliers supervisés sur des terres collectives. Bien que la méthode de recherche soit inspirée de l'expérience acquise dans le réseau de l'Asie et dans le cadre du projet Caqueza, ce programme se distingue par les conditions agroclimatologiques et socioéconomiques des populations rurales des Hautes-Andes. Le fait que cette entreprise occupe trois universités augure bien pour l'orientation future de leurs programmes de formation supérieure et de premier cycle.

Dans la vallée de la Cauca en Colombie, une université qu'on pourrait appeler rurale expérimente une nouvelle démarche en matière de formation et de recherche sur les petites fermes. En collaboration avec des petits exploitants et à sa ferme expérimentale, elle étudie plusieurs aspects des systèmes agricoles locaux, notamment : la culture intercalaire de bananes, de légumineuses et de courges ; l'intégration des productions porcines et avicoles par l'utilisation de la jacinthe d'eau et de sous-produits agricoles dans l'alimentation des animaux ; l'érection de clôtures et de haies pour la protection des cultures horticoles, et l'alimentation en eau à l'aide de pompes à chapelet importées de Chine et de simples pompes manuelles. On étend actuellement ce programme à la formation agricole, grâce à l'aide fournie par la Division des sciences sociales du CRDI.

A l'Université des Indes-Occidentales, les rendements des cultures de pois d'Angole ont été grandement augmentés par la reproduction d'un type très branchu qui a permis d'obtenir des plantations plus denses. En outre, on a pu obtenir des types de pois d'Angole pouvant être récoltés mécaniquement et des plantes qui croissaient pendant toute l'année plutôt qu'à la fin de l'année seulement, ce qui permet aux petits exploitants de récolter manuellement pendant une période relativement longue.

La WINBAN, l'Association des planteurs de bananes des Îles-au-Vent (Dominique, Sainte-Lucie et l'Île de Grenade), a pour objectif d'augmenter la productivité des plantations, d'une superficie de plus de 30 000 ha, où le rendement est relativement peu élevé. La majeure partie de la récolte de bananes est exportée, alors que les habitants des îles doivent importer entre 60 et 80 % de leurs denrées alimentaires essentielles. Les autorités de la WINBAN tentent d'augmenter la production alimentaire locale par la culture intercalaire de céréales, de légumineuses, de plantes-racines et d'autres cultures alimentaires dans les bananeraies. Les recherches ont permis de mettre au point des méthodes agronomiques appropriées aux cultures mixtes. Celles-ci promettent d'augmenter les retombées économiques des systèmes qui produisent 2 t/ha de maïs et 11 t/ha de tubercules de patates douces sans diminution sensible du rendement des bananiers. Il a été constaté que l'introduction de cultures intercalaires (plantation de cé-

réales, de légumineuses, de plantes-racines et de graines oléagineuses dans diverses proportions avec des bananiers et des plantains) a fait augmenter la demande en main-d'oeuvre de 20 à 43 %, les investissements de 4 à 11 % et les revenus nets par hectare de 42 à 102 %. Les plantains poussent plus lentement que les bananiers et, ainsi, on peut parfois faire trois récoltes avant le développement de la voûte de feuillage. L'influence de différentes combinaisons de cultures alimentaires sur le mûrissement des bananes et la fertilité du sol intéresse particulièrement les chercheurs. Ce projet a pris une grande importance en 1980, au moment où les Îles-au-Vent ont été dévastées par un violent ouragan.

A l'Université du Panamá, des scientifiques étudient l'influence d'une couverture de légumineuses tropicales réalisant la fixation de l'azote sur la fertilité du sol et les rendements des cultures de bananes et de plantains sont cultivés par 80 000 petits exploitants de ce pays, surtout pour la consommation locale. Pour satisfaire la forte demande en azote des bananeraies, les agriculteurs répandent environ 400 kg d'engrais azotés par hectare, dont jusqu'à 25 % peuvent être éliminés par les fortes pluies. On espère que la fixation symbiotique de l'azote du sol par les espèces de légumineuses tropicales répondra aux besoins nutritionnels des plantes plus économiquement et aussi efficacement que par l'application d'engrais chimiques. Il est également prévu qu'en temps opportun, cette couverture de légumineuses pourra aussi servir de pâturage.

Des programmes cultureux comprenant la participation de petits exploitants du Honduras et du Nicaragua sont exécutés en collaboration avec le CATIE (Centre agronomique de recherche et d'enseignement). Une base de données très utile a été établie à partir d'études détaillées sur les systèmes de production agricole, les méthodes de gestion, les ressources en terres agricoles, en capital et en main-d'oeuvre, l'utilisation des sols, les crédits disponibles et les méthodes de commercialisation. Des modes de culture sont établis en fonction de la pluviosité qui caractérise chaque zone de l'Amérique centrale. Outre le riz, le maïs, le sorgho et plusieurs légumineuses alimentaires, on plante des rangées de pamplemoussiers, de palétuviers, de sisals et de graminées fourragères à racines profondes sur les flancs abrupts des montagnes afin de réduire l'érosion au minimum. On s'intéresse également à la patate douce, au manioc et au lin.

Le quinoa

Le quinoa (*Chenopodium quinoa*) pousse dans l'altiplano andin à des altitudes variant entre 3 500 et 4 200 mètres. Il constituait l'une des principales ressources alimentaires au temps de l'empire Inca, et son importance s'est maintenue dans toutes les Hautes-Andes, en Bolivie, au Pérou, en Équateur, en Colombie, au Chili et en Argentine. Comme dans le cas des autres cultures alimentaires négligées par les chercheurs, les rendements obtenus par les méthodes agricoles traditionnelles dépassent rarement 400 kg/ha. Des scientifiques de l'Institut de technologie agricole de la Bolivie ont découvert des cultivars qui peuvent donner un rendement de 1 500 kg/ha s'ils sont légèrement améliorés, et un cultivar supérieur qui peut donner un rendement de presque 3,5 t/ha moyennant une gestion stricte. Presque tout le quinoa des Andes est cultivé par des petits exploitants pour consomma-

tion locale, souvent en association avec d'autres espèces alimentaires comme la pomme de terre, l'orge, des plantes-racines et des légumineuses alimentaires. En plus de pousser à des altitudes élevées, dans des sols relativement pauvres et à des basses températures nocturnes, la graine du quinoa est passablement plus nutritive que celle de toute autre céréale ou légumineuse connue. Par rapport à la teneur en azote sous forme de protéines, la concentration en lysine est beaucoup plus élevée chez le quinoa que chez le blé, et la teneur en acides aminés soufrés est plus du double de celle des protéines du soja.

Toujours dans le cadre de ce projet, en Bolivie, on a introduit 1 500 échantillons de quinoa dans une banque de matériel génétique et évalué le potentiel de rendement et d'autres caractères souhaitables de tous ces échantillons en plusieurs endroits. Des 120 lignées les plus prometteuses, 65 étaient caractérisées par un potentiel de rendement de plus de 5 t/ha, dont trois de plus de 8 t/ha au cours d'un essai. Les travaux se poursuivront par la reproduction et la sélection afin de combiner les caractères de rendement élevé avec d'autres traits essentiels et de fournir aux agriculteurs pauvres des Andes des systèmes de culture du quinoa plus économiques et plus efficaces.

L'Université Nationale de la Colombie évalue des lignées supérieures de quinoa en plusieurs endroits afin d'étendre la portée latitudinale et agroclimatique des essais, dans l'espoir de réintroduire cette espèce en Colombie, d'où elle a presque complètement disparu.



Culture associée de quinoa et maïs.

Pendant plusieurs années, grâce à la reproduction, la sélection et des expériences agronomiques à diverses altitudes, des scientifiques du CIMMYT ont découvert des cultivars du sorgho suffisamment résistants aux faibles températures et aux altitudes élevées pour pouvoir croître à plus de 2 500 mètres d'altitude. Il s'agit là d'une découverte importante pour les cultivateurs du sorgho à des altitudes relativement élevées de la région tropicale semi-aride.

Le tritiale

Le tritiale est un hybride provenant du croisement intergénérique entre deux céréales, le blé (*Triticum*) et le seigle (*Secale*). L'existence d'un hybride blé-seigle a été signalée pour la première fois en 1873 et, pendant le siècle qui a suivi, divers botanistes et spécialistes de la reproduction des plantes ont signalé la tenue d'expériences d'hybridation de ces céréales. Jusqu'à une époque relativement récente, tous les croisements blé-seigle montraient une incompatibilité génétique typique des hybrides intergénériques. La stérilité de la première génération de semis hybrides témoigne de cette incompatibilité en ce qu'ils ne contiennent qu'un seul ensemble de chromosomes de blé et de seigle.

Un hybride du tritiale pouvait présenter l'avantage d'associer les caractères souhaitables du blé à la résistance du seigle. Il a donc été envisagé, grâce à la recherche, de surmonter ce cas de stérilité — également présent chez les animaux hybrides, telle la mule — et de créer une graine acceptable pour les consommateurs de blé qui posséderait la résistance du seigle aux basses températures, qui pousserait dans les sols sableux légers et qui pourrait finalement s'adapter aux terres marginales impropres à la culture du blé et d'autres grandes céréales.

Grâce à l'aide financière fournie par l'ACDI, le CIMMYT du Mexique et les Universités du Manitoba et de Guelph au Canada ont entrepris une recherche conjointe qui a été couronnée de succès. La remarquable contribution des universités canadiennes sera décrite plus loin. Quant à l'apport du CIMMYT, son mérite a été souligné dans plusieurs publications. Voici un résumé très bref des résultats obtenus dans le cadre de ce projet : la création d'hybrides de tritiale ayant une fécondité héréditaire ; l'augmentation du rendement du blé, passé d'un niveau nettement inférieur à une production à peu près égale à celle des meilleures espèces de blé du CIMMYT ; l'obtention d'une teneur moyenne en azote sous forme de protéines supérieure à celle des 10 meilleures espèces de blé du CIMMYT ; l'obtention d'une teneur en lysine (% de l'azote sous forme de protéines) également supérieure à celle des 10 meilleures espèces de blé ; l'augmentation importante de la qualité des grains — en 1970, de nombreux échantillons de tritiale présentaient des grains plissés et le poids moyen des semences des 10 meilleures espèces était d'environ 69 kg/hl. En 1976, ce poids avait augmenté jusqu'à 80 kg/hl environ.

Jusqu'à ce jour, les résultats des travaux du CIMMYT ont été plus utilisés dans les pays industrialisés que dans les pays en développement, mais il est permis de croire que ce grain sera plus accepté au fur et à mesure qu'il recevra plus d'attention de la part des spécialistes des céréales et que la

culture du triticale permettra d'augmenter la production céréalière totale du Tiers-Monde.

L'un des projets de culture du triticale les plus encourageants est celui de l'Université Catholique du Chili, dont les scientifiques ont rapporté l'obtention de rendements de 3,5 à 5,5 t/ha et des teneurs en protéines relativement élevées. La culture expérimentale du triticale a été pratiquée dans presque tout le pays, soit une distance de près de 4 000 km. Bien que le poids des semences de triticale par unité de volume ait été généralement inférieur aux normes imposées pour les variétés de blé, plusieurs lignées ont presque atteint le poids souhaitable de 75 kg/hl. D'après les rapports des scientifiques chiliens, la farine de triticale a une qualité suffisante pour être employée dans la préparation de plusieurs aliments à base de céréales et, compte tenu de la résistance apparemment supérieure du triticale à la rouille qui attaque le blé, on espère que celle-ci permettra éventuellement de réduire les importations de céréales du Chili.

Le manioc

Plusieurs publications du CRDI traitent en détail des débuts et de l'évolution du réseau mondial d'amélioration du manioc, qui a pris naissance en Colombie. (Voir Annexe 3) L'ACDI a d'abord accordé une subvention appréciable au CIAT ainsi qu'une somme de 750 000 \$ qui devait servir au financement de recherches complémentaires sur le manioc effectuées par des institutions canadiennes ; la gestion de l'ensemble du programme a été confiée au CRDI.

Le manioc, qui est cultivé dans plus de 80 pays tropicaux, constitue un aliment essentiel pour plus de 300 millions de démunis. Après avoir passé en revue la somme existante des connaissances en cette matière, l'équipe de chercheurs du CIAT a collectionné plus de 2 000 cultivars de l'Amérique latine, d'où le manioc est originaire. Les recherches sur la reproduction, la sélection et la propagation à partir de semences véritables et d'organes végétatifs, appuyées d'études agronomiques, physiologiques, entomologiques et pathologiques, ont débouché sur une importante augmentation de la production du manioc tant chez les petits exploitants que dans les plantations.

Les recherches effectuées au Canada ont permis la propagation d'un matériel exempt de maladies à partir de plantes infectées, au moyen de la culture tissulaire du méristème apical. Des scientifiques de l'Université de Guelph ont découvert des micro-organismes d'origine tropicale favorisant l'hydrolyse et la fermentation du manioc mélangé avec de l'azote inorganique, et ainsi obtenu un produit fini dont les matières sèches contenaient presque 35 % de protéines brutes. On poursuit les recherches afin de perfectionner le processus de l'enrichissement microbien et de concevoir et de construire des fermenteurs simples dans lesquels le manioc enrichi de protéines pourrait être transformé en fourrage dans les pays tropicaux.

Le CRDI a non seulement géré les fonds accordés par l'ACDI, mais il a aussi consacré une bonne partie de son budget à la réalisation de plusieurs projets d'amélioration du manioc en Asie, en Afrique, dans les Antilles et en

Amérique latine. Dans cette dernière région, il a d'abord accordé son aide à des diplômés qui entreprenaient de modestes projets d'amélioration du manioc en Bolivie, au Pérou et au Costa Rica. Par la suite, les projets visaient la modification des méthodes du CIAT et leur adaptation aux conditions du Brésil, du Pérou, de l'Équateur et, dans le cadre d'un projet de recherche coopérative du CIAT, dans d'autres pays intéressés des Antilles et de l'Amérique latine. Au Brésil, où les espèces de manioc sauvages sont abondantes, l'Institut des sciences biologiques a prélevé plusieurs espèces sauvages de *Manihot*, dont un certain nombre ont été croisées avec des cultivars de manioc après sélection.

Les recherches sur le manioc en Amérique latine ont produit une augmentation considérable des rendements, qui étaient en moyenne de 10 à 15 t/ha avant la mise en oeuvre du programme. En utilisant des systèmes de culture améliorés, des fermiers colombiens ont obtenu des rendements dépassant 30 t/ha, et il est possible d'atteindre 50 t/ha en poussant les études agronomiques.

Des progrès ont été accomplis dans la lutte biologique contre plusieurs prédateurs du manioc. On a découvert une espèce d'hyménoptères qui s'attaque au ver cornu, sorte de limace verte et vorace qui se nourrit des feuilles du manioc.

Des scientifiques de l'Institut du Commonwealth pour la lutte biologique (CIBC), situé à la Trinité, ont étudié le cycle biologique et la dynamique de la population de l'acarien du manioc (*Mononychellus tanajoa*) qui dévaste les feuilles de cette plante. Ils ont également découvert plusieurs espèces d'insectes prédateurs du *M. tanajoa*, — notamment quatre phytoséidés, deux cécidomyidés, un coccinellidé et trois staphylinidés, dont plusieurs spécimens ont été envoyés en Afrique, où la mite du manioc fait des ravages dans plusieurs pays.

C'est grâce au Centre d'information sur le manioc du CIAT, financé par la Division des sciences de l'information du CRDI, si les résultats des recherches effectuées dans ce domaine au CIAT même et dans des instituts de nombreux pays collaborateurs ont pu être diffusés dans le monde.

Afin de réduire la dépendance des pays en développement envers l'importation d'engrais chimiques, le CRDI encourage les recherches visant une meilleure exploitation des sources locales d'éléments nutritifs des plantes. Le déficit en phosphore est généralisé dans de nombreux pays tropicaux. Pour compliquer davantage la situation, les plantes alimentaires absorbent le phosphore contenu dans la fine couche de terre entourant leurs racines ; au plus 15 %, et souvent seulement 5 %, du phosphore présent dans les sols cultivés sont utilisés par la plante en croissance. Peu de pays en développement dont les sols manquent de phosphore ont la possibilité de produire des engrais chimiques de type phosphate. Cependant, de nombreux autres possèdent d'importants gisements de phosphate qui contiennent du phosphore presque toujours insoluble, que des méthodes de traitement comparativement simples pourraient rendre assimilables par les plantes.

L'IFDC et le CIAT étudient la façon d'exploiter les gisements de phosphate brut pour combler le déficit en phosphore des andosols, des oxisols et

des ultisols qui couvrent de grandes zones de forêts tropicales et de savanes en Amérique latine. Des études complètes en laboratoire et sur le terrain de diverses espèces alimentaires et fourragères cultivées dans ces sols carencés en phosphore montrent que cette substance peut être libérée par de simples traitements tel le broyage en fines particules, la concentration grâce à l'élu-tion par l'eau ou à l'aide d'acides inorganiques peu coûteux. Pendant l'an-née suivant son application, l'action du phosphate brut traité a entraîné une croissance plus lente que celle des superphosphates chimiques, la dilution du phosphate étant moins rapide, mais une stimulation de la croissance plus grande et plus régulière pendant les années suivantes. Les recherches se poursuivent sur toutes les méthodes de traitement et d'application, y compris la conversion microbiologique du phosphate brut sous des formes utiles, et elles sont appliquées tant à l'alimentation des humains qu'aux cultures fourragères. Comme cela est indiqué ailleurs, l'expérience acquise en Amérique latine pourra être appliquée également aux mêmes fins en Afrique de l'Ouest, où l'on observe des sols pauvres en phosphore à proxi-mité de gisements de phosphate.

Recherches sur les systèmes post-production

Utilisation des prises fortuites

Dans de nombreuses mers du monde, les crevettiers ramassent involontairement de grandes quantités d'espèces marines dont la plupart sont rejetées puisqu'elles sont beaucoup moins rentables que les crevettes. La majeure partie de ces prises fortuites indésirables est rejetée à la mer peu avant l'arrivée au port du chalutier, ce qui constitue un gaspillage excessif d'une source valable de protéines, en plus d'attirer des requins dans les eaux côtières. Selon les estimations, au moins 80 000 tonnes de poissons ont été rejetées par les chalutiers guyanais au cours de 1975 seulement. Afin d'éviter ce gaspillage de protéines et ses dangers inhérents, le gouverne-ment de la Guyane a adopté une loi exigeant le débarquement d'une impor-tante quantité des prises fortuites et il a aussi, pour tirer le meilleur profit de ces prises, mis en oeuvre un projet destiné à : évaluer les quantités des principales espèces prises au cours des différentes saisons et selon les régions océaniques ; séparer les prises fortuites par catégories ; mettre au point des techniques pour préparer du poisson sans arêtes, haché, salé et fumé, peu coûteux ; et fabriquer des produits de poisson de valeur supé-rieure pour le commerce de détail, l'hôtellerie et les services de traiteurs. Un certain nombre des objectifs ont été réalisés et font l'objet de plusieurs publications du CRDI, y compris des brochures attrayantes qui présentent des recettes et des méthodes pour consommation domestique. Au cours de 1978, les produits suivants des prises fortuites ont été distribués dans les marchés ruraux et urbains de la Guyane : 1 200 tonnes de poissons frais, approximativement 100 tonnes de filets de poissons, 30 tonnes de poissons salés, 27 tonnes de poissons fumés et 10 tonnes de poissons marinés. Les autres produits fabriqués dans les usines pilotes sont notamment la sau-cisse, la confiture et les pâtés de poisson frais, haché et surgelé. La stabilité et l'accueil des consommateurs pour chacun de ces produits sont établis par le personnel et les étudiants du Carnegie School of Home Economics qui ont

également recommandé que les produits soient assaisonnés de façon convenable et que d'autres modifications soient apportées pour accroître l'acceptabilité. Étant donné les restrictions gouvernementales sur les importations de produits de poisson, la demande de produits dérivés des prises fortuites augmente rapidement et ne peut être satisfaite en raison des installations de traitement limitées. Une évaluation des réseaux de mise en marché et de distribution utilisables et nécessaires pour répondre à la demande est actuellement en cours en vue d'intensifier la commercialisation des techniques de traitement des prises accessoires. (Le projet fait l'objet de l'un des films documentaires les plus récents du CRDI, intitulé " Fish By-Catch . . . Bonus From the Sea ".)

Séchage et stockage

Les technologues de l'Universidad Nacional Agraria au Pérou étudient la préservation des poissons de mer locaux, notamment la grande sardine et le maquereau, à l'aide de systèmes améliorés de salaison et de séchage. Le séchoir à poissons mis au point aux Philippines a été modifié de façon à utiliser les divers déchets agricoles locaux comme combustible et l'emploi d'un capteur solaire est également à l'étude pour la sécherie.

Toujours au Pérou, le département de technique alimentaire de l'Université Nationale, en coopération avec les ruraux des Hautes-Andes, étudie les méthodes traditionnelles de fabrication des *papa seca*, pommes de terres en surplus préservées par séchage au soleil. La technique traditionnelle donne un produit très variable quant à la composition et d'une qualité souvent non conforme aux normes d'hygiène. Les technologues alimentaires, en collaboration avec un groupe de fermiers de la haute vallée Muquiayuyo, ont l'intention de normaliser les méthodes de déshydratation des pommes de terre pour améliorer et uniformiser les opérations de lavage, pelage, coupe, séchage, emballage et stockage. L'efficacité technique et économique des quatre méthodes de séchage suivantes fait l'objet d'une étude comparative : méthode contrôlée de séchage direct au soleil ; séchage mécanique à l'air chaud selon une gamme de températures et de vitesses de l'air ; séchage solaire indirect à l'aide du vent et de courants d'air par convection et séchage solaire indirect à l'aide du mouvement mécanique de l'air. Les recherches sur le terrain sont complétées par des essais et des évaluations de laboratoire effectués sous contrôle. Si le projet est fructueux, il augmentera l'approvisionnement et la qualité nutritive des pommes de terre séchées, à la fois pour la consommation locale et pour la vente dans les marchés avoisinants.

Les légumineuses cultivées en Amérique latine se caractérisent par une grande variabilité dans leur composition nutritive, leur digestibilité et leur qualité globale. À l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et du Panama (INCAP), des scientifiques étudient les effets des différences génétiques et environnementales et des méthodes agronomiques sur la qualité nutritive, les propriétés de cuisson et l'acceptabilité des diverses espèces de *Phaseolus*, *Vigna* et *Cajanus* ; ils cherchent aussi à déterminer les caractéristiques physiques et biochimiques quantifiables correspondant à ces qualités. Il est également intéressant de noter les modifications de la qualité (y compris le " durcissement " et la période de cuisson plus longue) qui se produisent

pendant le stockage. Plus de 400 cultivars ont été triés et des variations importantes ont été observées dans le poids des graines, l'absorption d'eau (avant et après le stockage), la dureté des graines, la proportion et le degré d'adhérence de l'enveloppe des graines et la teneur en protéines. La digestibilité des protéines des haricots à enveloppe beige, rouge et noire était inférieure à celle des haricots à enveloppe blanche, ce que les analyses semblent attribuer aux tanins polyphénoliques. La réduction de la digestibilité des types pigmentés a été démontrée chez les humains, les animaux de ferme et de laboratoire.

Depuis de nombreux siècles, les graines de diverses espèces de lupin ont été cultivées et consommées par les habitants des Andes. Comme légumineuse, le lupin fixe l'azote atmosphérique ; les graines contiennent environ 40 % de protéines (en poids sec) et les plantes peuvent être cultivées sur des terres marginales à des hauteurs relativement élevées. Le projet sur les cultures dans les Andes, décrit précédemment, met au point des systèmes de culture intercalaire du lupin, de céréales et autres grains alimentaires.

Pour augmenter la teneur protéique des régimes alimentaires locaux, surtout la nourriture destinée aux nourrissons et aux enfants, le Chili et d'autres pays d'Amérique latine importent des quantités considérables de



Séchoir solaire utilisé au Pérou pour la déshydratation des pommes de terre.

soja et de ses dérivés. Les scientifiques de l'Institut de recherche technologique (INTEC) de Santiago démontrent actuellement que le soja importé peut être remplacé par des graines de lupin traitées, un objectif fort souhaitable, puisque plus de 75 % du lupin du Chili sont cultivés par les indiens Mapuche, l'une des couches les plus pauvres de la population. Tandis qu'à peine 1 500 hectares de lupin sont actuellement cultivés dans le district Mapuche, 40 000 hectares, selon des estimations prudentes, conviendraient à la culture du lupin.

Bien que certains types de lupin contiennent un alcaloïde toxique, ce danger peut être réduit ou éliminé par des techniques de sélection ou de traitement. Les produits de lupin déjà mis au point dans le cadre du projet sont notamment : les grains de lupin décortiqués ; la farine de lupin grasse et déshuilée ; les protéines de grains de lupin ; et le concentré de protéines de lupin. On signale également que le lupin contient moins d'enzymes pro-oxydants que le soja, par conséquent les produits de lupin gras semblent avoir de meilleures propriétés de stockage. Les estimations de la demande basées sur les extrapolations de la croissance des importations actuelles de soja indiquent un marché futur considérable pour les graines de lupin traité dans les céréales enrichies de protéines, dans les succédanés du lait pour les enfants d'âge scolaire et pré-scolaire et dans les aliments composés pour bébés destinés à être distribués dans le cadre du programme gouvernemental d'amélioration alimentaire. Dans ce dernier cas, la farine de lupin est mélangée et traitée avec de la farine de blé, d'avoine ou autre céréale. On a mis au point un succédané de lait en poudre qui sera éventuellement fabriqué et distribué par l'industrie laitière. Des ententes ont déjà été conclues avec une compagnie laitière du sud du Chili pour transformer et distribuer des succédanés du lait et des mélanges de lait afin de procéder à des essais de consommation sur une vaste échelle. L'expérience acquise dans les projets de minoterie sus-mentionnés en Afrique contribue à la mise au point de méthodes de décorticage par abrasion des graines de lupin.

Le surplus de pulpe de café en Amérique latine a déjà été examiné. Même s'il n'est pas rationnel, des points de vue logistique et économique, d'utiliser la pulpe comme fourrage, il peut être possible, par fermentation anaérobie, de la transformer en méthane et autres gaz combustibles pour alimenter les torrificateurs à café. L'Institut de recherches et de technologie industrielles pour l'Amérique centrale (ICAITI) étudie cette possibilité, surtout à l'intention des petits planteurs de café qui n'ont pas les moyens d'acheter les torrificateurs à café commerciaux dont le prix dépasse 20 000 \$ (canadiens). Pour torrifier les grains de café, l'ICAITI utilise le séchoir-plateforme à riz, décrit dans le programme asiatique post-récolte et alimenté par du biogaz provenant de la fermentation de pulpe de café mêlée à d'autres matières organiques. L'objectif consiste à réaliser un séchoir peu coûteux ayant une capacité de 500 tonnes par année ; un séchoir-plate-forme modifié est à l'essai actuellement au "beneficio" d'un groupe de producteurs de café, à Lolola, à une certaine distance de la ville de Guatemala, où on compare la performance des brûleurs en fonction des combustibles, soit le biogaz produit par la pulpe de café, soit le bois ou le brûleur-diesel. Les premiers résultats indiquent que le méthane provenant de la pulpe de café compostée est supérieur. Par conséquent, de simples chambres de compostage ont été

construites au-dessus des digesteurs anaérobies pour faciliter la récupération du combustible après le compostage.

L'Union des pays producteurs de bananes (UPEB) a pour but la mise en valeur de la recherche, du développement, de l'amélioration de la commercialisation, de la production et de la distribution des bananes au profit des six pays membres de l'Union, soit la Colombie, le Costa Rica, la République Dominicaine, le Guatemala, le Honduras et le Panamá qui, collectivement, approvisionnent plus de la moitié du marché international de la banane. La majeure partie de la récolte de bananes est expédiée et consommée à l'état frais. Pour diverses raisons, les fruits imparfaits, mais sains du point de vue nutritif, ne peuvent être exportés ; ils ne peuvent non plus être consommés sur place, la quantité dépassant les besoins locaux de bananes à l'état frais. Il est évident qu'il est nécessaire de créer des procédés de transformation peu coûteux, pour préserver et convertir en aliments acceptables les fruits de qualité inférieure. Les instituts de recherche du Guatemala et de Costa Rica coopèrent afin de mettre au point à proximité des bananeraies, des techniques permettant de transformer les bananes en une purée stable pour la vente à des producteurs secondaires qui l'incorporeront à divers aliments. Le projet est entrepris par des technologues en alimentation, des économistes en production et en commercialisation.

Recherches forestières

Comparées à celles des autres continents, les forêts humides tropicales de l'Amérique latine comptent un plus grand nombre d'espèces, le nombre d'arbres de chaque espèce étant relativement faible par unité de surface donnée. Plus de 650 espèces connues en botanique ont été identifiées, dans la sous-région des Andes ; mais, à peine 50 sont utilisées, commercialement et moins de 6 sont exploitées comme bois ornemental généralement pour l'exportation. Une grande partie de la forêt est détruite ou sérieusement endommagée lors de la coupe et on tire peu d'avantages économiques des espèces négligées.

Dans le cadre d'un projet coordonné par la Junta Acuerdo de Cartagena, six instituts de recherche forestière de cinq pays, Bolivie, Colombie, Équateur, Pérou et Venezuela ont effectué une étude approfondie des réserves et des propriétés des espèces secondaires de bois dont les quantités considérables sont inutilisées. Les six instituts ont examiné plus de 100 espèces, et ont accordé une attention particulière aux propriétés physiques et mécaniques qui déterminent la manière dont le bois peut être utilisé pour la construction et autres fins industrielles. À l'aide des données collectées, analysées et classées, les scientifiques du projet ont publié un système de classement du bois de construction établi pour les espèces indigènes, en fonction de la conception des ouvrages en bois dans les pays du pacte andin. Le projet a permis de déterminer les conditions et les normes pour le séchage au four, les méthodes statistiquement fiables d'échantillonnage avant les essais, et de prescrire les normes de conception des éléments de charpente, des pièces d'assemblage et d'autres structures à des fins particulières. Dans tous les pays du pacte andin, la brique, l'acier et le ciment ont été préférés au bois dans la construction des maisons et d'autres immeubles. Comme le coût



Tests des propriétés des bois tropicaux.

de ces matériaux augmente, le bois local offre plus d'intérêt du point de vue économique. A partir des résultats obtenus, plusieurs prototypes de maisons ont été conçus et construits et ont prouvé leur résistance aux secousses sismiques provoquées par des simulateurs de tremblements de terre. Plusieurs publications descriptives ont été compilées et distribuées à titre d'information et d'orientation pour les architectes, les constructeurs et les marchands de bois.

S'inspirant de l'expérience du projet du pacte andin, les scientifiques mexicains mettent au point un système de classement du pin local en vue d'étendre son utilisation dans les charpentes de bois et autres ouvrages.

Le Pérou et la Bolivie apportent leur appui à deux projets connexes de reboisement. Grâce à la sélection des espèces et des méthodes de sylviculture améliorées, on espère, dans le cadre de chacun des projets, établir des plantations forestières dans les hautes-terres rurales des Andes, à une altitude précédemment négligée des forestiers. Les espèces seront sélectionnées en fonction de leur tolérance aux conditions défavorables dominantes, en vue de leur intégration aux cultures et pâturages et de la protection qu'elles devront leur assurer, et de leur capacité à fournir du fourrage pour les animaux ainsi que du bois de feu et de construction. Les *Prosopis* de la famille des légumineuses sont particulièrement intéressants pour leur feuillage fourrager. Dans les deux pays, des plantations stratégiques d'espèces d'arbres choisies conserveront le sol sur les pentes des collines en prévenant l'érosion provoquée par le ruissellement. En plus de la demande sociale rurale, l'industrie minière de la Bolivie exige plus de 50 000 tonnes de charbon de bois annuellement pour la fusion des minerais.

A l'Université del Valle au Guatemala, la biologie et le modèle de répartition de l'espèce de coléoptère *Denderoctonus* sont étudiés. Ces insectes infestent et dévastent les espèces de pins non résistants. Grâce à une connaissance plus poussée de la biologie et du cycle de vie du coléoptère, on pourrait mettre au point et introduire des systèmes de lutte biologique. Un insecte du type de la guêpe et plusieurs diptères ont déjà été identifiés comme ennemis naturels de *Denderoctonus*.

Canada et pays industrialisés

La plupart des programmes de recherche appliquée posent des problèmes complexes qui nécessitent une investigation sur certains aspects fondamentaux. Près de 10 % des projets et environ 5 % des crédits affectés au cours de la décennie ont été consacrés à des missions canadiennes chargées de trouver des solutions aux difficultés rencontrées dans la recherche financée dans les pays en voie de développement et dans les CIRA. Deux des investissements les plus importants ont été effectués conjointement par l'ACDI et le CRDI pour des études canadiennes complémentaires des recherches sur le manioc et le triticales réalisées respectivement aux CIAT et CIMMYT.

Étant donné que presque toutes les découvertes qui ont eu lieu au Canada ont paru dans des ouvrages de vulgarisation, nous ne rappellerons brièvement ici que les plus importantes.

La plus grande partie des subventions allouées pour des recherches au Canada est allée aux projets sur le manioc et le triticales dont il a été fait mention plus haut. Au début de 1972, plus de 800 000 \$ fournis par l'ACDI et le CRDI ont été investis dans environ 25 projets sur le manioc. L'un des premiers projets a été réalisé à Guelph par des économistes agricoles qui, au cours d'une étude de 18 mois, ont établi des prévisions de la demande et du marché du manioc pour l'alimentation humaine, animale et les emplois industriels. En 1973, le commerce mondial total des chips et des granules de manioc s'élevait à 100 \$ millions, les exportations prévues par l'équipe de Guelph pour 1980 s'élevaient à 500 \$ millions et la production totale pour 1985 à environ 6 millions de tonnes. En réalité, le commerce des chips et des granules de manioc en 1979-1980 en provenance de l'Asie vers les pays de la CEE a atteint près de 600 \$ millions, les exportations ayant atteint le record de 5,8 millions de tonnes en 1979. En vertu d'un accord, les exportations de chips et de granules de manioc de la Thaïlande vers la CEE seront plafonnées à 6 millions de tonnes. Les études de marché ont également indiqué l'absence d'informations pertinentes sur l'économie de la production de manioc. Pour combler cette lacune, le CRDI a financé de petites études au Brésil, en Équateur, en Inde, en Jamaïque et en Thaïlande qui ont permis une analyse nationale à cet égard.

A Guelph encore, des photophysiolgistes ont examiné l'influence de l'environnement sur la photosynthèse et les schémas de croissance du manioc, et les différences entre espèces et entre variétés en matière de performance photosynthétique. Il a été démontré que même si le manioc n'a pas une capacité photosynthétique élevée, il donne quand même de bons rendements en raison de la grande proportion de matière utile chez cette plante et de sa longue période de croissance qui permet le transfert de la photosynthèse aux racines.



Chips de manioc étalés pour être séchés au soleil, près de Khon Kaen (Thaïlande).

Il existe un grand nombre de maladies du manioc, dont les plus graves sont la rouille bactérienne et la mosaïque de la feuille provoquée par un virus ou des mycoplasmes. Ces maladies peuvent se propager d'un pays à l'autre par le transport de matériel infecté, ce qui limite sérieusement le transfert du matériel génétique. Au Laboratoire régional des Prairies (LRP), à Saskatoon, une technique de culture des tissus a été mise au point pour reproduire des plantes saines à partir de plantes infectées par la mosaïque. Les scientifiques du LRP ont créé de nouvelles plantes par la culture de tissus somatiques provenant du méristème apical nouvellement émergé d'une plante malade. Le tissu est cultivé dans un milieu nutritif jusqu'à ce qu'il produise une pousse et des racines pour pouvoir alors être transplanté, la petite plante étant par la suite transférée dans un milieu hydroponique dans lequel elle continue de pousser. La technique de culture tissulaire rend possible la création de nombreuses jeunes plantes à partir d'un seul parent et permet l'hybridation par la fusion protoplastique.

A Guelph, plusieurs études ont été entreprises en vue de mieux comprendre l'importance diététique, le métabolisme et l'effet sur les tissus du rat de doses administrées par voie orale de linamarine, le glucoside cyané toxique présent dans les racines du manioc et qui, une fois hydrolysé, libère l'acide cyanhydrique. Traditionnellement, la linamarine est éliminée soit

par élution dans l'eau soit par fermentation avant la cuisson dans une marmite ouverte, la vapeur distillant l'acide cyanhydrique. L'étude de Guelph avait notamment pour objectif de déterminer l'évolution de la linamarine lorsqu'elle est ingérée avant l'hydrolyse. Les résultats de ces expériences et les études connexes financées par la Division des sciences de la santé, constituent l'essence de deux publications du CRDI (IDRC-010e et 136e). D'autres études effectuées au Canada ont examiné les effets des micro-aliments du sol et la possibilité d'établir une classification chimiotaxonomique fondée sur les différences phénoliques des plants de manioc.

L'une des expériences les plus intéressantes et les plus productives en matière d'enrichissement des protéines microbiennes de l'amidon provient d'un autre projet réalisé à Guelph, au cours duquel on a analysé de nombreux organismes du sol tropical afin de sélectionner celui ou ceux qui pourraient hydrolyser et fermenter l'amidon du manioc en une seule étape pour lui donner une teneur élevée en protéines.

Après en avoir étudié plusieurs centaines, on a retenu quelques micro-organismes qui semblaient répondre à l'objectif. L'un en particulier, *Aspergillus fumigatus*, peut hydrolyser et fermenter le manioc en présence d'azote inorganique à des températures entre 35 et 45 °C, et augmenter la teneur en protéines brutes, en termes de poids sec, jusqu'à environ 35 %. Comme cet organisme a une meilleure croissance à un pH d'environ 3,5, il a peu de concurrence de la part des autres micro-organismes. L'avantage de cet organisme sur la levure, par exemple, est que cette dernière, de même que d'autres organismes tempérés, nécessite la réfrigération mécanique dans les pays tropicaux de façon à maintenir l'agent de fermentation à une température optimale. Sous les tropiques, la température de l'eau souterraine est rarement, sinon jamais, assez basse pour refroidir le ferment de la levure à un point optimal d'environ 25 °C.

En raison de la faible possibilité d'*Aspergillus fumigatus* de former des aérosols et de provoquer des réactions chez les rares personnes allergiques à l'aspergille, d'autres organismes sont étudiés, notamment *Cephalosporium eichhorniae*, dont la croissance exige une fourchette de températures et de pH si étroite qu'il ne pourrait probablement pas se développer à l'intérieur d'un corps humain. Cette recherche se poursuit, l'objectif étant d'établir, dans un ou plusieurs pays producteurs du manioc, un fermenteur de taille suffisante pour enrichir en protéines microbiennes le manioc et un bon nombre d'autres hydrates de carbone afin de les rendre aptes à servir dans l'alimentation des animaux de ferme.

La plupart des travaux sur le triticale ont eu lieu à l'Université du Manitoba où en plus d'un programme d'amélioration génétique en collaboration avec le CIMMYT, les scientifiques ont étudié les influences biochimiques et cytogénétiques sur le développement des graines et la fertilité des plantes. À l'aide de techniques avancées de culture embryologique dans laquelle les chromosomes ont doublé par traitement à la colchicine, extrait de crocus d'automne, plusieurs centaines de nouveaux amphiploïdes ont été créés à partir de géniteurs de blé et de seigle ayant des antécédents génétiques différents. Ils comprennent des hexaploïdes (provenant de blé dur) et des octaploïdes (provenant de blé panifiable). Les amphiploïdes du

Manitoba comprennent les combinaisons hexaploïde × hexaploïde et octaploïde × hexaploïde.

Les premières recherches effectuées au CIMMYT et au Manitoba ont été concentrées sur les triticales printaniers. Dans de nombreux pays moins développés, particulièrement ceux où le triticale peut être cultivé à haute altitude, il semble y avoir un besoin plus grand de triticales d'hiver c'est-à-dire plantés à l'automne, passant l'hiver sous forme de jeunes plants pour atteindre leur maturité au cours de l'été suivant. L'Université de Guelph est bien située du point de vue climatologique pour le développement des triticales d'hiver et a accompli, en plusieurs années, des progrès remarquables dans ce domaine. Après avoir sélectionné et créé plusieurs centaines de lignées, le programme de Guelph a mis au point de nombreux triticales utiles à partir de géniteurs hiver × hiver et hiver × printemps. Les produits et la qualité des graines approchent maintenant des buts visés pour les blés et les triticales d'hiver qui démontrent une croissance vigoureuse et une bonne résistance aux maladies supérieures à celles du blé dans des conditions défavorables à la production du blé.

Au début du programme, les premiers triticales étaient caractérisés par des grains racornés et une faible fertilité héréditaire. Ces deux défauts ont été en grande partie corrigés et maintenant que le triticale est accepté en Amérique du Nord, on espère qu'il deviendra populaire aussi dans les pays en voie de développement où l'agroclimat est défavorable à la culture du blé, mais se prête bien à celle du triticale et qu'il sera davantage adopté sous forme



Champ de triticale sur une ferme expérimentale près de Winnipeg, Manitoba.

d'aliment destiné à l'homme et cultivé sur des terres marginales impropres à la culture de céréales mieux connues.

Les autres recherches effectuées au Canada sur la phytologie comprennent deux études destinées à mieux comprendre les mécanismes biochimiques et physiologiques responsables de la tolérance plus ou moins grande du sorgho à la sécheresse permanente ou intermittente. A l'université Laval, en collaboration avec le projet d'amélioration du sorgho au Sénégal, diverses techniques de laboratoire de simulation de la sécheresse dans des chambres de croissance ont été utilisées pour identifier les cultivars ayant une tolérance supérieure. A l'Université de la Saskatchewan, en collaboration avec l'ICRISAT, des progrès ont été enregistrés dans l'identification des hormones des plantes qui semblent contrôler la tolérance à la sécheresse chez le sorgho. Une nouvelle technique analytique hautement performante basée sur la chromatographie liquide, rend possible la détermination simultanée des taux de nanogrammes des auxines, cytosines et abscisines. La méthode analytique est rapide, précise et elle a été à demi automatisée de sorte que les analyses peuvent être effectuées sans interruption pendant 24 heures. Des détecteurs sensibles fonctionnant sur le principe de l'absorption de rayons ultraviolets et la fluorescence offrent la précision nécessaire.

Le projet qui est contrôlé par une équipe de spécialistes de renommée internationale, promet de fournir aux phytosélectionneurs des indices biochimiques précis qui leur serviront à choisir les types de sorgho les plus tolérants à la sécheresse chez les premières générations de matériel génétique.

Des analyses hormonales ont été effectuées à ICRISAT sur dix cultivars de sorghum, à divers stades de croissance. Bien qu'un cycle analytique entier soit nécessaire avant de pouvoir tirer des conclusions, les associations entre les concentrations d'hormones et les indices de tolérance à la sécheresse apparaissent ; de grandes différences dans la teneur en acide abscisique ont été relevées entre les cultivars soumis à des conditions difficiles et les plantes-témoins.

A Saskatoon, le potentiel élevé de l'eau dans les feuilles est associé aux taux d'acide abscisique, et en période de sécheresse, les taux d'acide abscisique et d'acide phaséique augmentent, tandis que les concentrations de cytosine et d'acide indolyl-3-acétique diminuent. L'acide abscisique inhibe la croissance, tandis que les cytosines et les auxines la stimulent, dans le premier cas, par la division des cellules et dans le deuxième par l'expansion et l'élongation des cellules.

A l'Université du Manitoba, une étude a été entreprise récemment en vue d'identifier les sources de matériel génétique de *Vicia faba* résistant à la rouille *Ascochyta*, de façon à établir l'écart de variabilité pathogène, et à étudier la nature et la transmissibilité de la résistance. Ce projet est réalisé en collaboration avec le réseau d'amélioration des légumineuses d'ICARDA et dans les pays du Moyen-Orient.

A l'Université de la Colombie-Britannique, un étudiant diplômé des Philippines a analysé l'exsudat de certaines légumineuses tropicales dont

certaines substances pourraient empêcher la croissance d'autres plantes dans les systèmes de polyculture. Ce domaine des interactions allélopathiques des plantes est très complexe et mérite une plus grande attention de la part des phytobiochimistes et phytobiologistes.

A l'Université de Guelph, en collaboration avec les projets sur les maladies des animaux en Afrique de l'Est, des connaissances nouvelles et étendues ont été acquises dans la caractérisation de l'anémie causée par des infections de trypanosomiase chez le bétail, et dans le mécanisme des réactions immunologiques. On a découvert que ces cas d'anémie sont surtout attribuables à une importante augmentation du taux de destruction des globules rouges provoquée par une fixation à la surface des cellules provenant des combinaisons antigène-anticorps. Les résultats indiquent qu'il est probablement difficile de créer un vaccin à partir de trypanosomes atténués, vivants ou morts.

Il a été possible de réaliser des progrès remarquables dans l'induction de la reproduction des espèces de poissons d'élevage grâce à un projet entrepris conjointement par l'Université de la Colombie-Britannique, la Fondation de recherche de la Colombie-Britannique, l'Office des recherches sur les pêches du Canada et une conserverie de saumons de la côte ouest canadienne. De grandes quantités de glandes pituitaires ont été extraites de saumons livrés à l'usine, et à l'aide de techniques modifiées mises au point au Canada, des extraits de gonadotrophine de diverses concentrations ont été prélevés et préservés. Des données ont été rassemblées sur le rendement, l'efficacité de l'extraction et les coûts du procédé. Les extraits ont été expédiés à plusieurs projets de pisciculture en Asie, décrits précédemment et ils ont servi à provoquer le frai des poissons gravides élevés en captivité. Ces extraits ont été utilisés également pour établir des normes afin de comparer les extraits de gonadotrophine de glandes pituitaires de diverses espèces capturées dans les pays tropicaux.

A l'Université de Victoria, des études biochimiques et microscopiques de la microflore intestinale de deux espèces de carpes ont fourni des données intéressantes sur les mécanismes de la digestion et les techniques nécessaires à la détermination des besoins nutritionnels.

Dans le secteur de la post-production, on a déjà mentionné la coopération entre le LRP de la Saskatchewan et plusieurs projets en Afrique dans la mise au point de systèmes de mouture plus efficaces pour le sorgho, le mil et diverses légumineuses tropicales. Dans une étude connexe, le tannin de polyphénol présent dans l'enveloppe de la graine de sorgho pigmenté, a été isolé pour la première fois et caractérisé au niveau chimique. La substance a été identifiée comme un polymère de procyanidine, typique d'une famille des composés qui se trouvent chez les plantes de nature forestière. En plus d'augmenter la résistance du sorgho aux attaques des oiseaux, de la moisissure et de divers insectes, le polyphénol a le fâcheux effet de réduire la digestibilité totale et celle des protéines. Des recherches au PRL se poursuivent en vue d'élaborer des méthodes d'abrasion pour enlever les couches extérieures des graines de sorgho de concentration élevée en polyphénols, tout en laissant intacte la partie relativement nutritive pour le broyage ultérieur.

L'Université de la Saskatchewan a collaboré à plusieurs projets en Afrique afin d'analyser et de comparer de façon systématique la composition et les propriétés de plusieurs farines de céréales et de légumineuses ainsi que leurs produits. Les études comparatives ont été effectuées par l'emploi de méthodes domestiques traditionnelles et de procédés ruraux de mouture mécanique rurale vérifiées en laboratoire.

Une grande masse de données a été rassemblée et analysée et de nouvelles connaissances ont été acquises sur les propriétés des farines de céréales et de légumineuses essentielles pour répondre au goût des consommateurs. En général, il a été démontré que les systèmes mécanisés convenant aux industries rurales pouvaient produire des farines aussi acceptables que les procédés manuels traditionnels.

Les études comprenaient des farines mixtes de légumineuses et de céréales utilisées dans la fabrication du pain, des pâtes alimentaires et d'une variété d'aliments pour goûters.

Comme il a été mentionné précédemment, la Division a contribué à jeter les bases pour l'établissement de minoteries rurales dans plusieurs pays d'Afrique et d'Asie. Il faut également souligner que la recommandation de la SAAN selon laquelle il faudrait accorder plus d'attention aux facteurs de qualité déterminant l'utilité et l'acceptabilité a été de plus en plus suivie. Il est peu commode et évidemment coûteux de réaliser des essais de qualité de mouture sur une vaste échelle. Le LRP de Saskatoon a, par conséquent, mis au point un petit dispositif de laboratoire, connu sous le nom de décortiqueur tangentiel abrasif (TADD) qui déterminera simultanément la réaction au décortiquage par abrasion de huit différents petits échantillons (5 à 10 g) de grains de céréales comme le sorgho. Le TADD donne deux indices de qualité de mouture : l'indice de dureté de l'abrasion — le nombre de secondes nécessaires pour éliminer 1 % de l'enveloppe extérieure du grain — et le taux d'extraction basé sur la mesure de la réflexion de la couleur de la farine. Les appareils TADD ont été expédiés sur le site de plusieurs recherches sur la mouture et la qualité des farines et les résultats des essais comparatifs seront réunis et analysés au LRP.

Depuis un certain nombre d'années, il a été reconnu que la méthode traditionnelle de longue fermentation peut être remplacée par des procédés mécaniques, grâce à des vitesses élevées ou des mélanges intensifs, pour la production du pain de type occidental. Il a également été découvert que les procédés mécaniques permettent l'utilisation de quantités de farines de blé beaucoup plus faibles en protéines. A l'Université du Manitoba, ces connaissances ont servi à mettre au point un système mécanisé de fabrication du pain qui permet d'ajouter à la farine de blé jusqu'à 30 % de farines de sorgho, de maïs ou d'autres céréales ne formant pas de gluten, la pâte étant fabriquée par repliement et par étalement répétés à l'aide de rouleaux rotatifs. C'est la technique qui sert à fabriquer le pain de farine de blé additionnée de farine de sorgho à la minoterie de Maiduguri, et qui sera étudiée dans d'autres pays importateurs de quantités considérables de blé.

Formation

On peut avancer que la recherche et le développement, de même que

toutes les autres activités intellectuelles, apportent de nouvelles connaissances et des lumières aux personnes intéressées. Ainsi, le programme entier de la SAAN peut être considéré comme une activité d'apprentissage ou de formation. Il comprend cependant un élément de formation important et concret ; plus de 60 % de tous les projets de la SAAN comprennent la formation intensive et à court terme et la formation officielle (avec diplôme). Le genre de formation et le nombre de stagiaires qui ont bénéficié d'une aide financière du CRDI dans le cadre des projets de la SAAN au cours de la décennie figurent dans le tableau 7.

Toute la formation émergeant au budget de la SAAN a été dispensée en cours de projets, c'est-à-dire que les sujets étudiés et la nature de la formation sont directement liés aux objectifs du projet. En outre, le financement du stage d'un grand nombre d'étudiants, surtout des diplômés, provenait de la contribution des bénéficiaires de plusieurs projets subventionnés par le CRDI. Dans la mesure du possible, la formation des étudiants diplômés a eu lieu dans le cadre de chaque projet, les jeunes scientifiques utilisant les résultats du projet dans leur thèse. Dans les cas où il n'existait pas d'universités ou de faculté appropriée dans le pays natal de l'étudiant, la formation a été donnée soit dans un autre pays en voie de développement, soit au Canada ou dans un autre pays développé.

Il est important de souligner que le type de formation dans un " autre pays en voie de développement " se rapporte aux projets sur les petits mils et les graines oléagineuses du Bangladesh, dans le cadre desquels plusieurs étudiants poursuivent leurs études de doctorat dans des universités indiennes, chacun sur un projet différent de culture de mil ou de graines oléagineuses ; des universités au Liban et en Égypte qui ont accepté des étudiants venant d'autres pays du Moyen-Orient ; et l'Université des Philippines (UPLB) qui a formé des étudiants d'un certain nombre de pays d'Afrique et d'Asie en matière de systèmes cultureaux. Il est particulièrement intéressant de mentionner que dans ce dernier cas, les thèses de maîtrise en sciences forment un tout, chaque recherche traitant, à l'aide des données recueillies, une discipline différente des études sur les systèmes cultureaux effectués dans les mêmes zones rurales. Ces disciplines vont de la phylogénétique et des sciences agronomiques aux sciences sociales et inculquent ainsi aux diplômés un esprit de coopération et d'interdépendance mutuelle.

Dans la mesure du possible, la formation au Canada a consisté en cours et études théoriques, la recherche pratique, dans le cadre des thèses, étant

Tableau 7. Type de formation et nombre de stagiaires de la division de la SAAN.

Type de formation	Nombre de stagiaires	%
Diplômes divers	91	8
BA/BSc	11	1
MA/MSc	308	28
Doctorats	56	5
Voyages d'études/Cours intensifs	513	46
Formation en cours de recherche	132	12

effectuée dans les pays ou la région du chercheur. Il est également intéressant de mentionner les programmes coopératifs de formation établis entre les projets d'amélioration du sorgho et les travaux sur les systèmes post-récolte du Sénégal et de l'université Laval; ainsi que les projets sur les maladies des animaux de l'Afrique de l'Est et de l'Université de Guelph.

La formation libre revêt de nombreuses formes, notamment des brevets cours intensifs et des stages dans un ou plusieurs instituts de recherche pour apprendre des techniques spécifiques. Presque 20 % de tous les stagiaires ont été inscrits à des cours intensifs aux CIRA. On a précédemment fait mention du succès remarquable remporté par les programmes de l'ICARDA sur les légumineuses, ceux de l'IRRI sur les systèmes culturaux et la formation en matière de manioc du CIAT.

Dans tous les secteurs des programmes, la formation accélérée a été offerte dans une grande diversité de spécialités et de techniques trop nombreuses à décrire. La formation a également été donnée par des experts-conseils itinérants et par la tenue d'ateliers de formation. Par exemple, le groupe sur les pêches a organisé des séances de formation sur l'élevage en nasses et la culture des bivalves; le réseau sur la foresterie africaine, sur des techniques sylvicoles; le groupe de post-production, sur la recherche opérationnelle, le sorgho et la qualité des légumineuses ainsi que la mouture des céréales. Certaines réunions de niveau national ont été financées à partir d'un simple projet, d'autres, régionales et d'autres encore intercontinentales.

Dans le cadre de quelques projets, notamment les études sur les polyphénols du sorgho et la culture des tissus, des boursiers de niveau post-doctorat ont été surtout chargés d'appliquer de nouvelles techniques complexes pour la solution de problèmes particuliers. Une bonne partie de la formation préliminaire aux projets a été financée par le programme de bourses du CRDI.

Une autre forme de formation qui n'a pas reçu l'attention qu'elle mérite est la formation en matière de gestion de la recherche qui comprend la détermination de programmes et de projets, la planification, l'évaluation et l'affectation des ressources. Ce sujet est exposé plus en détails sous la rubrique: " Expérience acquise ".

En résumé, on peut soutenir que la formation en matière de recherche a commandé une importante partie du programme de la SAAN. Bien que les chiffres du tableau 7 puissent laisser croire qu'il existe des catégories distinctes et identifiables, une grande souplesse a été démontrée, le principe directeur étant d'offrir la forme de formation la plus pertinente et la plus appropriée aux objectifs de chaque projet et aux besoins des boursiers.

Publications

La liste des auteurs et des titres de tous les ouvrages publiés par la Division au cours de la décennie figure à l'Annexe 3. Il s'agit notamment de comptes rendus de séminaires, de brochures sur un ou plusieurs projets ou de la situation des connaissances actuelles dans un domaine donné. On

trouvera dans l'Annexe 4, la liste des autres documents publiés par le personnel de la Division au cours de la décennie écoulée.

Certaines publications du CRDI sont maintenant épuisées, mais elles sont toutes disponibles sur microfiche. On peut en obtenir un exemplaire en s'adressant à la Division des communications du Centre dont le personnel a apporté une aide et une collaboration précieuses à la préparation de ces documents.



L'expérience acquise

Nous avons intitulé la présente publication " Une décennie d'expérience." Le chapitre qui précède résume l'expérience acquise au cours des recherches effectuées par de nombreux scientifiques dans les pays en développement dont certaines sont exceptionnelles sur le plan de la qualité et de la performance. Il a également été décidé de présenter l'expérience acquise par le personnel de la SAAN en administrant les activités de la Division. Chaque membre du personnel a été invité à répondre à la question " Quelle expérience avons-nous acquise ? " et nous avons regroupé ci-après les témoignages révisés de toutes ces personnes.

Ces réponses ont été compilées par le Directeur qui assume la responsabilité de leur interprétation ; cependant, il serait malhonnête de prétendre que chaque point a fait l'unanimité et que l'accord a été parfait. Dans un programme aussi diversifié que celui qui a été décrit, il est difficile, et même erroné de présenter les connaissances acquises comme une série de vastes généralisations. Chaque projet est différent des autres et il doit être considéré ainsi. Néanmoins, certaines expériences vécues au cours de la décennie semblent particulièrement significatives. Ce sont ces dernières qui, avec un certain nombre de questions obscures ou encore sans solution, font l'objet du présent chapitre.

Philosophie et mode d'opération

L'objectif du programme de la SAAN est de renforcer les capacités scientifiques des pays en développement selon le principe que chaque pays a besoin de son propre service de recherches en agriculture et alimentation constitué de scientifiques et de technologues capables de sélectionner parmi un grand nombre de systèmes et de techniques, ceux qui sont les plus pertinents, les mieux appropriés et les plus facilement adaptables aux besoins et aux ressources de leurs propres pays.

Les subventions de la SAAN sont accordées à des projets bien définis. Il est rare que des fonds soient alloués à des activités non spécifiées, ce mode d'assistance exigeant une structure institutionnelle bien établie et un personnel qualifié et, par conséquent, fait appel à des fondations étrangères. Un plus grand nombre de projets de la SAAN se retrouvent donc dans des pays où existent des capacités scientifiques et des instituts de recherches. Ainsi, au cours de la décennie, la SAAN a financé 28 projets aux Philippines, 18 en Égypte, 17 en Inde, 14 en Colombie, 13 au Pérou et 12 au Kenya. Néanmoins, la Division maintient l'intérêt qu'elle porte depuis le début aux ruraux défavorisés des régions tropicales semi-arides, particulièrement ceux

du Sahel dont les pays sont considérés parmi les moins développés, économiquement et scientifiquement. Presque 10 % du budget total de la Division pour la décennie ont été investis dans quatre pays sahéliens : six projets au Sénégal, sept au Mali, cinq en Haute-Volta, quatre au Niger. Malgré la compassion qu'inspirent les pays les plus pauvres parmi les pauvres, il existe certains pays où l'absence d'intérêt et de volonté de la part du pouvoir politique ainsi que la rareté des capacités de recherches empêchent la SAAN d'apporter toute l'aide qu'elle souhaiterait leur offrir.

La Division n'a pas l'habitude d'effectuer des études de faisabilité approfondies avant la mise en oeuvre des projets, elle laisse plutôt aux bénéficiaires le soin de définir les priorités de leurs projets. Il est souvent nécessaire, particulièrement dans le cas de jeunes scientifiques, de modérer l'enthousiasme par une dose de réalisme et de s'assurer, à l'instar des hommes politiques, qu'ils pratiquent l'art du possible. Nous résistons, dans la mesure du possible, à la tentation de suivre les nouvelles modes et d'abandonner l'essentiel pour le spectaculaire.

La SAAN croit que "la recherche appliquée" signifie recherche au profit de l'humanité. Par conséquent, la Division recommande aux scientifiques des pays en voie de développement, lors de la préparation des propositions de projets, de spécifier à qui profitera la recherche. Cette attitude a donné lieu à des critiques reprochant à la Division d'être trop exigeante envers les scientifiques rattachés à un projet, et d'attacher une importance démesurée aux bénéficiaires au détriment d'une solide réalisation scientifique. Néanmoins, nous continuons de croire que l'ingéniosité et l'intégrité scientifiques n'entrent pas nécessairement en contradiction avec l'objectif, qui est de servir l'humanité. Quand ils le veulent bien, les scientifiques peuvent être à la fois habiles et utiles.

Dans certains pays, les organismes de recherches gouvernementaux semblent plus proches des programmes de développement rural que les universités, et bien que la Division n'ait pas favorisé consciemment les gouvernements au détriment des institutions universitaires il demeure que, 56 % des plus de 200 projets en cours sont réalisés par des gouvernements et des organismes paragouvernementaux, 32 % par des universités et 12 % par des instituts de recherches internationaux et régionaux.

En général, la recherche dans les facultés d'agriculture et de foresterie semble plus directement reliée aux besoins et au développement rural que certaines autres disciplines, et de nombreux projets révèlent une collaboration directe entre les scientifiques universitaires et les collectivités rurales.

Dans les pays où la législation et la motivation favorisent ce type de coopération, l'appui accordé à la recherche universitaire réussit à associer les réalisations techniques avec le développement humain. Les projets dans le cadre desquels des étudiants diplômés font porter leurs thèses sur les problèmes réels du milieu rural contribuent à améliorer leur compétence scientifique et à les orienter vers le service public. Des pays comme l'Inde, où la recherche pure est intégrée à des programmes nationaux d'agriculture, offrent un exemple qui devrait inspirer d'autres nations.

Une observation simpliste pourrait laisser croire que les projets financés par la SAAN se répartissent en deux catégories : le développement de la

technologie, et la recherche sur les systèmes. En réalité, elles sont interdépendantes. Les technologies biologiques sont en prise directe et doivent être en harmonie avec les systèmes et les milieux physiques, sociaux et économiques dans lesquels elles fonctionnent. C'est pourquoi la philosophie de la SAAN implique le développement de toutes les technologies ou au moins leur modification et leur adaptation en fonction des conditions réelles de leur emploi.

Le CRDI, à l'instar des autres donateurs, doit éviter d'imposer son sens des priorités technologiques à ceux qu'il appuie. Le spectaculaire est bien sûr plus tentant que le banal. Le progrès lent et irrégulier inhérent à la recherche sur les systèmes agricoles traditionnels est moins intéressant à lire dans les rapports annuels que la description d'une usine miracle ou d'une technique révolutionnaire. Cependant, nombreux sont ceux, particulièrement chez les défavorisés, qui hésitent à cultiver ou à consommer des plantes inconnues. Les pays en développement sont inondés d'appareils et de techniques simplement transférées qui, pour une raison ou pour une autre, se sont révélés inappropriés ou inacceptables. Récemment, un sage Égyptien a écrit au sujet des programmes d'aide : " Comme dans toutes les transactions commerciales, le vendeur est plus intéressé à écouler sa marchandise qu'à procurer à l'acheteur ce dont il a réellement besoin . . . Il est illogique de chasser les mouches au fusil parce que nos partenaires commerciaux souhaitent ardemment nous vendre des munitions . . . La technologie solaire correspondant aux conditions d'un pays industrialisé pourrait ne pas être la meilleure pour un pays en développement. "

Bien des gens se demandent pourquoi la SAAN n'investit pas davantage dans la recherche énergétique. On peut avancer que tous les fonds de la Division vont à ce domaine car, comme l'a reconnu Lavoisier, tous les changements biologiques proviennent de la conversion chimique d'une forme d'énergie en une autre. La SAAN a pour règle que toute étude sur l'énergie doit être effectuée en vue de son application. De même que pour la technique, elle doit être appropriée à son environnement et à son utilisation. Le pétrole constitue la source d'énergie motrice des privilégiés de la planète. Le bois est la source d'énergie utilisée par la plupart des ruraux défavorisés pour cuire leurs aliments et chauffer leurs foyers, l'énergie motrice nécessaire étant fournie par les hommes et les animaux de ferme.

Le programme de la SAAN s'oriente donc vers les boisés communaux qui produisent des arbres utilisés sur les petites fermes comme combustible pour les hommes, et fourrage pour les animaux. Dans certains projets, on emploie efficacement l'énergie solaire et les déchets agricoles combustibles pour la déshydratation des aliments et le séchage des cultures. Dans les agglomérations rurales où la mécanisation doit suppléer au labeur humain, la recherche visant à découvrir des sources d'énergie renouvelable économiques pour actionner les machines agricoles continuera d'être encouragée. Dans cette optique, quelques projets examinent la fermentation de diverses matières organiques pour la production de gaz combustibles. Il semble probable que l'étude sur la demande énergétique rurale en Égypte donne lieu à des propositions de projets visant à développer une énergie renouvelable provenant de ressources locales. Dans certains pays, la conversion à grande échelle de la biomasse, comme les plantes aquatiques nuisibles,

présente des difficultés logistiques et techniques. Ces plantes contiennent habituellement moins de 10 % de matières solides.

Alors, lorsqu'elles poussent loin des agglomérations rurales, l'énergie requise pour abaisser l'humidité et les transporter à l'endroit où le gaz est nécessaire pourrait être supérieure à celle produite par la biomasse. La recherche sur l'énergie, comme dans tout autre domaine, doit faire appel à des économistes pratiques et compétents.

Étant donné la grande diversité des besoins, d'un pays, d'une communauté et d'un projet à l'autre, le mode d'opération et l'organisation des programmes sont encadrés avec flexibilité. Bien que chaque demande de projet soit étudiée avec bienveillance, en donnant priorité aux cultures alimentaires de base, aux boisés communaux, à l'aquiculture, à l'élevage sur les petites fermes et aux systèmes post-récolte en milieu rural, la contribution du personnel de la SAAN a consisté davantage à offrir des conseils spécialisés et établir des réseaux de recherche dans les différents pays qui poursuivent les mêmes objectifs. Certes, certaines priorités particulières ont été modifiées et continueront de l'être, mais la Division ne peut pas et ne devrait pas essayer de faire plaisir à tout le monde.

Nous avons déjà souligné la prépondérance des projets dans les pays où la recherche est bien établie. La réalisation de projets dans les pays moins bien développés du point de vue scientifique exige du personnel de la Division un travail intense et continu, au stade de la préparation et pendant la mise en oeuvre. A moins de faire appel à des experts étrangers, mesure généralement contraire aux principes du CRDI, la réalisation d'objectifs même modestes requiert de nombreux conseils désintéressés et d'encouragements. Et ce sont les moins développés qui ont les plus grands besoins. Ils ont la plus longue route à parcourir avant d'atteindre l'autosuffisance sur le plan technique, économique et en matière de productivité. Il sera peut-être possible à l'avenir, en collaboration avec d'autres donateurs possédant des ressources plus considérables de consacrer plus d'efforts à la création d'institutions de recherches dans les pays les moins développés du point de vue scientifique où les besoins de mise en valeur de l'agriculture sont si évidents et urgents.

L'accroissement de la production agricole se traduit par l'augmentation du rendement d'un terrain donné ou par l'exploitation de terres incultes. Étant donné que cette dernière mesure signifie habituellement la culture sur des terres moins fertiles ou marginales et que la première comporte l'adoption de méthodes agricoles et de types végétaux nouveaux, les deux encouragent l'agriculteur à augmenter ses risques, car le nouveau comporte inévitablement des facteurs plus élevés d'incertitude que le connu. Les agriculteurs de subsistance, comme la plupart des défavorisés, préfèrent éviter les risques plutôt que de tabler sur le succès éventuel d'innovations non encore éprouvées.

Dans la méthodologie des systèmes de la SAAN, c'est l'agriculteur qui expérimente les nouveautés et compare les résultats nouveaux aux anciens. La recherche appliquée effectuée dans les conditions réelles d'emploi des

exploitants agricoles tend à réduire les risques possibles. En approfondissant d'abord globalement les systèmes agricoles établis, il est possible d'évaluer les innovations qui promettent les plus grands avantages en termes de main-d'oeuvre et d'exploitation des terres, et de peser les risques possibles en fonction des bénéfices éventuels.

Formulation d'un projet

Tout projet commence par un Résumé de projet qui décrit d'abord la nécessité de la recherche, les bénéficiaires éventuels, les responsables de son exécution, sa relation avec d'autres activités ou tout autre point intéressant l'objectif général. Vient ensuite la définition de la recherche des objets, puis la méthodologie qui décrit les systèmes, méthodes et techniques qui seront utilisés pour atteindre les objectifs, accompagnée d'un calendrier proposé des activités. La dernière section du dossier est consacrée au Budget et aux Notes budgétaires qui indiquent par item la somme requise pour chaque opération d'immobilisation ou d'exploitation ainsi que les fonds qui doivent être administrés par le bénéficiaire ou par le Centre, de même que la contribution du bénéficiaire en espèces et en nature.

Les capacités institutionnelles et professionnelles varient considérablement entre les 65 pays où des projets ont été entrepris, et la formulation de projet se limite souvent à dégager ce qui est possible parmi tout ce qui serait souhaitable. Les besoins en recherche et développement agricoles et les résultats souhaités sont aussi différents et étendus dans les pays les moins développés que dans les pays avancés. Toutes les populations doivent être nourries et logées à même leurs propres ressources. Par conséquent, la sélection des priorités de recherche est plus difficile chez les moins privilégiés, tout comme le risque est plus grand de trop entreprendre et de réaliser peu. Afin d'éviter ces écueils, la Division a comme politique d'exiger pour chaque proposition un programme détaillé pour les activités de la première année, et plus flexible pour les années suivantes. Ces programmes permettent aux intéressés d'évaluer ce qui doit être tenté relativement aux ressources humaines et matérielles disponibles. Il est difficile de prendre en considération une proposition à laquelle les responsables n'ont pas associé un programme d'activités pour la première année.

Le Résumé de projet constitue la base d'un accord subséquent et le document définitif qui est utilisé pour évaluer les progrès futurs. Le temps et le soin apportés à la préparation d'un Résumé de projet se reflète dans la manière dont se déroule la recherche. Bien que les perturbations politiques, les volte-face bureaucratiques et d'autres adversités ne puissent être prévues lors de la formulation du projet, le temps consacré à une planification réfléchie et avertie est rarement du temps perdu.

En raison de la tendance favorable à la recherche appliquée aux fins de développement rural, on encourage les scientifiques à discuter et à élaborer des plans de recherche en participation avec la communauté rurale concernée. S'il s'agit d'une nouvelle machine, on conseille aux planificateurs de recherche de discuter des plans provisoires avec les fabricants locaux afin de s'assurer que l'appareil pourra être réalisé économiquement et avec les ressources disponibles.

Nous reconnaissons qu'une recherche sérieuse ne peut être effectuée sans un équipement adéquat, aussi, la ligne de conduite du CRDI à cet égard est de fournir les machines et les instruments nécessaires au projet. Un surplus d'équipement peut être plus un inconvénient qu'un atout. Il doit être installé, abrité et entretenu, ce qui mobilise des ressources limitées de temps et d'argent. Il est toujours nécessaire de s'assurer que l'équipement et les machines indiqués dans le Résumé de projet peuvent être utilisés et entretenus à l'endroit où ils doivent servir. L'alimentation en électricité et la régularité de la tension sont souvent très peu fiables. Conséquemment, il n'est pas extravagant de fournir des régulateurs de tension ou des mécanismes indépendants du secteur. Dans presque tous les projets, des pièces de rechange adéquates doivent être fournies pour les éléments les plus vulnérables.

L'accès à la consultation économique professionnelle n'est pas toujours possible. Il a donc fallu créer au sein de la SAAN, une petite équipe, le Groupe de l'économie agricole, prête à aider à la préparation de l'analyse économique appropriée à des projets de recherche technique donnés, à conseiller sur les formalités et techniques de base qui peuvent être appliquées utilement par les scientifiques formés à d'autres disciplines.

La coordination parfaite des activités en fonction d'un échéancier est toujours difficile, particulièrement dans les pays où les milieux politique et économique sont fragiles et instables, et l'erreur la plus fréquente de la Division a été de sous-estimer le temps nécessaire à la réalisation de toutes les activités. Aussi avons-nous souvent dû accorder des prorogations de délais. Il est à espérer qu'il nous sera possible d'établir à l'avenir des calendriers plus réalistes par une évaluation plus critique de la durée des projets par rapport au temps prévu dans la proposition.

En général, la formulation du projet se résume à exercer l'art du possible : en extraire tout ce qui semble nécessaire, tout ce qui est possible avec les ressources disponibles.

Appui technique et évaluation

Le principal objectif des visites que le personnel de la SAAN effectue sur les lieux des recherches est d'offrir particulièrement aux jeunes chercheurs inexpérimentés, encouragements et conseils en matière de gestion, méthodes et techniques scientifiques. Parallèlement, il est nécessaire de surveiller l'avancement de chaque projet relativement au plan établi et en cas de retard, d'en déterminer les causes. Le personnel a donc été accusé de jouer double jeu. Les effectifs de la SAAN préfèrent jouer le rôle de collaborateurs sympathiques plutôt que celui de gendarmes. Dans le cas de projets qui ne sont pas à la hauteur de l'expectative, il n'est pas rare que l'échec soit dû au défaut d'un appui politique ou à l'incompétence bureaucratique. Quelle que soit la cause apparente des insuccès, il est généralement préférable d'en discuter privément avec les responsables plutôt que d'en parler ouvertement en risquant de discréditer les intéressés.

“ Comment évaluez-vous les projets ? ” est une question fréquemment posée par les nombreux visiteurs du CRDI. Bien que des évaluations dites

“ en profondeur ” aient été effectuées pour certains projets terminés, l'évaluation est un processus continu qui commence au moment où un projet est soumis à la considération de la SAAN, du Comité des projets du CRDI et enfin du Conseil des gouverneurs. Chaque visite faite à un projet comporte les éléments d'une évaluation, l'examen des progrès de la recherche comparativement au plan et à l'échéancier établis.

Au sein de la SAAN, l'évaluation est un concept qui doit être abordé avec compréhension et une méthode qui doit être appliquée avec prudence. Notre objectif est d'encourager, non d'imposer ; de discuter des difficultés, non de dicter des solutions. Une dure critique, particulièrement si elle apparaît dans un rapport d'évaluation écrit, peut détruire la confiance en soi des jeunes chercheurs. Par conséquent, mieux vaut discuter des difficultés et des faiblesses apparentes que de les souligner d'un trait rouge.

De même, il est nécessaire d'apporter une bienveillante considération à la réorientation des projets dont le déroulement laisse à désirer. Il n'est pas facile de déterminer jusqu'où la SAAN peut aller pour que son aide et ses conseils ne dominent et ne dirigent les recherches.

Il est proposé pour l'avenir d'analyser plusieurs projets terminés depuis deux ou trois ans afin de dégager, avec le recul donné, la leçon et les profits à tirer des recherches.

Une autre question souvent posée par les visiteurs est quels projets ont réussi et quels projets ont échoué. Il est en fait très rare qu'un projet se solde par un échec total et n'atteigne aucun des objectifs spécifiés. Ce qui est considéré comme un succès absolu dépend beaucoup d'une interprétation et d'un jugement subjectif. Pour la plupart des projets, il est impossible de mesurer et de quantifier avec précision les objectifs et les réalisations de chaque entreprise afin d'établir une comparaison exacte. Selon la définition donnée plus haut, la recherche appliquée est une recherche pour le bien de l'homme, et il se pourrait qu'un certain temps doive s'écouler avant qu'il soit possible d'en connaître les retombées. De plus, le succès doit être évalué par rapport aux ressources humaines et matérielles disponibles. Un travail, jugé méritoire de la part d'une équipe de recherche peu expérimentée, peut être considéré comme insatisfaisant s'il est l'oeuvre d'un groupe bien établi. Le jugement s'appuie essentiellement sur la question “ Ont-ils fait de leur mieux avec les ressources disponibles ? ” Pour la Division il y aura échec si nous perdons notre capacité d'offrir fréquemment une aide et une orientation adéquates, appropriées et bienveillantes, particulièrement aux scientifiques qui travaillent dans l'isolement intellectuel.

Chaque projet de recherche nécessite une aide assez prolongée pour éprouver sa valeur et démontrer ses possibilités aux gouvernements nationaux et aux grands organismes de développement. Afin d'éviter d'investir des sommes d'argent excessives dans des projets qui de par leur nature même, sont des travaux de longue durée, la plupart des projets sont financés en plusieurs phases d'une durée moyenne de deux à trois ans. Un progrès satisfaisant pendant la première phase garantit habituellement le financement d'une deuxième et parfois d'une troisième phase. Étant donné que le CRDI assume le gros des risques pendant la première phase, et un peu moins lors des phases subséquentes, cette formule a intéressé plusieurs gouvernements. Dans bon nombre de cas, les contributions du gouverne-

ment bénéficiaire ont augmenté au cours d'une deuxième phase, et les scientifiques appuyés par le CRDI au début des projets ont été intégrés aux plans de développement de ces pays.

Liens entre les projets et les bénéficiaires

La coopération et les fréquents échanges de connaissances entre les projets qui partagent des intérêts communs et des objectifs semblables sont toujours encouragés. Plusieurs recherches coopératives regroupant divers projets s'appellent aujourd'hui des " réseaux ". Certains réseaux ont été créés par des scientifiques venant de plusieurs pays, qui ont défini un vaste problème régional et ont accepté de répartir les travaux de recherche entre leurs institutions respectives. D'autres réseaux se sont constitués au rythme d'un projet à la fois, plusieurs s'étant naturellement regroupés autour d'un bien particulier comme le manioc, ou d'une méthodologie comme les projets sur les systèmes culturaux.

Le réseau complet et complexe du manioc a vu le jour au CIAT et a englobé par la suite les pays producteurs de l'Asie, l'Afrique et de l'Amérique latine. Il a été le cadre d'études sur des animaux nuisibles et des maladies dans les pays où ces phénomènes apparaissent, sur l'amélioration des méthodes de conservation, de transformation et d'utilisation du manioc alimentaire et fourrager, le tout étant complété par une recherche plus fondamentale au Canada.

Un réseau qui s'appuie sur les ressources scientifiques d'un centre de recherches régional ou international se rapproche de l'idéal. En l'absence d'instituts régionaux ou internationaux ce sont des conseillers attachés au réseau qui doivent fournir la consultation scientifique, et stimuler la coopération, l'intercommunication et l'acheminement régulier des données et du matériel entre les projets constituants.

La coopération entre les projets ayant des intérêts communs offre de nombreux avantages. L'intégration planifiée et organisée de l'effort scientifique parmi les pays en développement permet des progrès plus considérables que la somme des activités individuelles isolées. Les réseaux coopératifs permettent à ceux qui sont plus forts du point de vue scientifique d'aider des partenaires qui n'ont que des ressources plus limitées. Ainsi, le Bangladesh bénéficie-t-il de la recherche effectuée en Inde sur les graines oléagineuses et les petits mils. Plusieurs pays d'Asie envoient de jeunes scientifiques à l'Université des Philippines à Los Baños pour acquérir une formation aux systèmes culturaux. Les priorités de recherche du programme régional d'aquaculture ont été définies lors d'une réunion de biologistes asiatiques. Le programme post-récolte du riz en Asie et le programme coopératif de boisés communaux sont orientés grâce à des réunions annuelles régulières des pays participants.

Coopération entre les donateurs

Bien que l'existence d'une organisation rationnelle et d'une coopération entre les organismes donateurs ne soit généralement pas évidente, il y a

quelques exceptions notables. L'un des meilleurs exemples de coopération volontaire, sans caractère officiel parmi des donateurs relativement libres de contraintes politiques est constitué par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), ensemble de donateurs et de pays en développement qui appuient les CIRA. La souplesse de la structure du GCRAI permet la participation d'organismes gouvernementaux multilatéraux et bilatéraux, de fondations privées et de divers fonds spéciaux. En plus de l'appui collectif accordé aux CIRA, le GCRAI offre une plate-forme qui sert de tremplin à de nouvelles initiatives agricoles. Le programme coopératif post-production en Asie du Sud-Est, auquel participe le CRDI ainsi que plusieurs autres donateurs, a vu le jour au cours de réunions informelles du GCRAI. Et on espère que par des contacts à l'intérieur du GCRAI, la recherche en agroforesterie et en aquaculture réussira à obtenir l'assistance à long terme de plusieurs donateurs.

Le degré de liberté et de flexibilité accordé par le Conseil des gouverneurs permet au CRDI de coopérer assez facilement avec les autres organismes donateurs, et la SAAN a agi à titre d'agent exécutif pour le compte d'autres donateurs, dans plusieurs nouvelles entreprises de recherche conjointes.

La Division a eu moins de succès dans la promotion de l'esprit de coopération chez les banques régionales et internationales de développement et d'autres organismes qui possèdent beaucoup de fonds à investir dans l'exploitation des résultats de recherches. Les investissements attirés l'ont été de façon ponctuelle et non à la suite d'une planification délibérée. Il s'agit là d'un point faible que le nouveau directeur adjoint devra examiner.

Les nombreux organismes de développement n'utilisent qu'une petite partie des ressources scientifiques du monde. Il existe en dehors de ces organismes, un réservoir très vaste et relativement inemployé de compétences scientifiques qui nécessitent organisation et orientation pour servir les besoins techniques, économiques et sociaux des pays en développement. Afin d'exploiter cette ressource, le Conseil international des unions scientifiques (CIUS) a créé la CASAFA, Commission internationale sur l'application des sciences à l'agriculture, à la foresterie et à l'aquaculture. Le mandat de la Commission est de faire connaître aux universités scientifiques nationales et aux unions internationales réunissant de nombreuses disciplines scientifiques les problèmes urgents qui pourraient être résolus par un effort approprié du secteur de la recherche. Plusieurs pays ont constitué des comités nationaux de coopération avec la CASAFA et la SAAN a accepté l'invitation de combler la présidence de la CASAFA.

Coopération avec les Canadiens

Sur invitation de la Division, un groupe informel de scientifiques canadiens universitaires et gouvernementaux s'est réuni deux fois et a publié sa réaction au premier rapport de la CASAFA et à ses recommandations. Le groupe a indiqué les secteurs de recherche prioritaires où les capacités canadiennes pourraient être mises à contribution. Les résultats intéressants du modeste investissement du CRDI dans la recherche au Canada ont déjà

été décrits dans le présent document. Les chercheurs canadiens qui désirent collaborer au développement sont beaucoup plus nombreux que ne le permettent les ressources financières de la Division. Étant donné que plusieurs scientifiques ne peuvent accepter un engagement à long terme à l'étranger, il est à espérer que le Programme de coopération établi à la fin de 1980 et conçu pour faciliter aux pays en développement l'accès aux ressources en recherche et développement des institutions canadiennes permettra à un plus grand nombre d'experts canadiens d'effectuer des recherches complémentaires aux projets appuyés par la Division dans les CIRA et les pays en développement.

En plus de travaux complémentaires en recherche fondamentale, les institutions canadiennes peuvent offrir une formation de grande valeur, particulièrement lorsque des étudiants peuvent suivre des cours théoriques au Canada et effectuer les recherches reliées à leur thèse dans leurs propres pays.

Les scientifiques canadiens ont beaucoup à enseigner mais aussi beaucoup à apprendre de pays en développement. La volonté de servir et des efforts appropriés suffiraient à rendre les capacités canadiennes plus utiles à ces pays dans l'avenir.

Conseillers étrangers

Étant donné que le CRDI appuie la recherche conçue, définie, dirigée et réalisée par des scientifiques originaires de pays en développement et y vivant, il assigne relativement peu de conseillers scientifiques en résidence. Le CRDI privilégie la charge de conseiller résident auprès d'un réseau, formule qui offre un service essentiel déjà décrit, et correspond mieux à la nature de ses travaux. Comme il est contraire à notre politique de désigner des directeurs de projet, la Division évite la dualité de commandement qui peut s'établir lorsque des directeurs étrangers sont associés à des "homologues" locaux.

Cependant, sur demande seulement, des conseillers étrangers ont été temporairement rattachés à des projets particuliers afin de compléter une équipe de recherche pluridisciplinaire, le temps pour un scientifique autochtone d'acquérir la formation requise pour le remplacer. La préférence a été accordée à de jeunes diplômés qui, pour la plupart, s'adaptent assez rapidement à des cultures et à des milieux qui ne leur sont pas familiers. Nous devons ici signaler le travail dévoué des nombreux bénévoles du SUCO. Le programme de la SAAN lui est obligé de la coopération amicale de ses administrateurs, ainsi que de la collaboration à nos projets de plusieurs coopérants membres de la Division, autrefois volontaires chez SUCO.

Les conseillers qui ne sont pas rattachés à un centre international ou régional, ou qui sont affectés dans des pays où il n'y a pas de bureau régional du CRDI, sont considérablement désavantagés par rapport aux conseillers placés par des organismes bilatéraux dotés d'ambassades, ou des institutions de l'ONU qui ont des représentants résidant dans les pays. Les conseillers du CRDI doivent se débrouiller seuls pour se loger et pour traiter avec les bureaucraties locales. De plus, un grand nombre doivent consentir à des

sacrifices de nature professionnelle. Leur principale récompense doit résider dans l'aide à autrui, étant donné que la reconnaissance scientifique habituelle, acquise par la présentation et la publication des résultats de recherche, leur est souvent refusée. Enfin, le travail dans les pays en développement ne semble pas particulièrement profitable à l'avancement d'une carrière professionnelle. Plusieurs jeunes scientifiques ayant travaillé comme conseillers à l'étranger ont éprouvé, de retour dans leur pays, des difficultés à se trouver un emploi qui corresponde à leur compétence.

Bien que l'établissement d'un conseiller de réseau dans un Bureau régional du CRDI facilite les tâches administratives, ils sont plus stimulés sur le plan scientifique lorsqu'ils oeuvrent dans un CIRA ou une institution de recherche d'un pays en développement. On s'explique facilement que certains pays hésitent à admettre des conseillers de réseau étrangers dont ils n'ont pas demandé les services, et dont le mandat est d'aider non seulement leur pays mais également d'autres pays du réseau.

Bien que le nombre de conseillers de projet résidents ait été limité, une proportion plus importante d'experts-conseils ont été employés pour de courtes périodes pour donner avis sur des méthodes de recherche et des techniques particulières. Cette formule offre un certain nombre d'avantages par rapport à celle de conseillers étrangers résidents. Il est possible de choisir parmi un plus grand nombre de compétences, étant donné que la vie professionnelle ou familiale est peu perturbée par des séjours relativement courts en qualité de conseiller. La banque d'experts-conseils internationaux du CRDI comprend des personnes hautement qualifiées et d'une grande maturité venant des universités, du gouvernement et du secteur privé, ainsi que des scientifiques retraités parmi lesquels on compte un ancien directeur général d'un CIRA. Les experts-conseils qui sont des scientifiques de réputation mondiale sont habituellement tenus en très haute estime, et leurs suggestions écoutées avec le plus grand sérieux par ceux qui élaborent et administrent les politiques. Les services des experts-conseils de la SAAN sont retenus pour donner avis sur des points particuliers bien précis, rarement pour définir ou formuler des projets entiers. Les négociations concernant la définition et la formulation des projets demeurent essentiellement la responsabilité du personnel du CRDI.

Politique gouvernementale

Le premier ministre Trudeau a déjà déclaré que le rôle de la politique est plus délicat quand il s'agit de technique que de population ou de capital. Étant donné que la majeure partie des fonds de la Division sont acheminés vers les institutions de recherches de gouvernements ou d'universités, le progrès des projets dépend fortement d'une volonté politique favorable, source d'inspiration et non de contrainte, d'un système politique dans lequel la recherche appliquée peut survivre et se développer, d'un intérêt politique soutenu qui permet aux résultats d'une recherche d'être adéquatement mis à l'essai, adaptés et appliqués dans le but de favoriser le secteur rural, et d'un comportement bureaucratique qui motive et facilite l'intégration de la recherche appliquée au développement rural.

Les résultats de certains projets sont directement à l'origine de modifications dans la politique agricole de plusieurs gouvernements et, dans certains cas, de restructuration des instituts nationaux de recherche et de développement en agriculture. Bien que les contraintes imposées par les politiques gouvernementales (ou l'absence de celles-ci) ou par l'incapacité bureaucratique soient très rarement éliminées par la recherche biologique, les succès scientifiques peuvent par eux-mêmes contribuer à modifier les attitudes politiques. Les résultats obtenus à la suite de recherches effectuées en Asie, en Afrique et en Amérique latine ont contribué de diverses manières à aider les gouvernements à changer leurs politiques agricoles.

Il est malheureusement vrai que, dans certains pays, le CRDI semble faire plus confiance aux scientifiques locaux que ne le fait le gouvernement en place. L'appui verbal dont semble jouir la recherche et le développement en agriculture dans les tribunes internationales ne se traduit pas toujours par des mesures politiques concrètes. Tant que les gouvernements n'auront pas reconnu de façon visible que la recherche agricole est essentielle au développement rural, la pauvreté des campagnes demeurera une réalité.

Gestion des recherches

En 1974, on pouvait lire dans le Rapport du Comité spécial du Sénat (canadien) sur la politique scientifique ce qui suit : " Quand un scientifique ou un technologue a accumulé de nombreuses années d'expérience dans la recherche et le développement, il est habituellement considéré comme un expert dans certains secteurs particuliers en qualité de fournisseur de services de recherche. Il peut être suffisamment compétent pour introduire de nouvelles idées dans sa propre discipline ou être intéressé à relever avec enthousiasme les défis d'un programme de recherche et de développement. Un directeur de recherche, cependant, doit posséder d'autres compétences ou les acquérir. Il doit évaluer les programmes et, à cette fin, utiliser les techniques appropriées d'évaluation. En d'autres termes, il doit être un bon gestionnaire avant d'être un bon chercheur. "

Fondamentalement, le CRDI investit dans l'homme et cherche à appuyer les directeurs de projet compétents et dévoués. Une gestion et une orientation efficaces dans le secteur de la recherche sont essentielles pour chaque projet du programme du CRDI. La politique d'assistance du CRDI aux projets planifiés, dirigés et réalisés par les scientifiques des PMA alourdit les responsabilités des directeurs de projet comparativement aux conditions offertes par les donateurs qui fournissent des administrateurs de projet, les services administratifs et l'équipement nécessaire ainsi que les ressources en capital.

La plupart des pays connaissent une grave pénurie de scientifiques formés et expérimentés en gestion de la recherche. Le futur programme de la Division doit privilégier davantage la formation de scientifiques en gestion de la recherche, en planification et organisation d'institutions de recherche, de programmes et de projets, en gestion de budget, de personnel, de systèmes et de l'affectation des ressources, en systèmes de communication, et à l'établissement de dossiers pour le Centre.

Les budgets sont trop souvent considérés comme des instruments de chantage employés contre les récalcitrants plutôt que des calendriers de versements prédéterminés mais souples servant à mesurer l'avancement des travaux. La gestion de la recherche appliquée ne consiste pas seulement à élaborer des techniques et des méthodes scientifiques, mais à comprendre les fins ultimes de la recherche, c'est-à-dire par qui, de quelle façon et dans quel système elle doit être intégrée et utilisée? Une recherche appliquée efficace ressemble un peu à une étude de marché fondée sur la réponse à : Quel sera le consommateur de ce produit? Est-il approprié et répond-il au besoin? Le consommateur concerné peut-il et veut-il accepter, utiliser et profiter des produits de la recherche?

SAAN avait prévu initialement que les directeurs de projet achèteraient la totalité de l'équipement et des matériaux nécessaires, la capacité de déterminer, commander et gérer les ressources matérielles étant considérée comme un élément essentiel de la gestion de la recherche. Malgré l'établissement de comptes de banque en devises convertibles, l'hypothèse selon laquelle tous les bénéficiaires pourraient choisir, acheter et importer l'équipement nécessaire s'est souvent révélée peu pratique et irréalisable : certains gouvernements ont bloqué ces fonds et interdit aux scientifiques de les utiliser. Des systèmes rigides de soumissions compétitives, d'approbations par plusieurs organismes et de règlements touchant les autorisations d'importation ont souvent entraîné des délais injustifiés. Même lorsqu'ils étaient assurés du paiement en devises convertibles, certains fournisseurs d'équipement hésitaient à traiter avec les directeurs de projet. Le CRDI a donc souvent été obligé d'acheter et de livrer l'équipement nécessaire pour un plus grand nombre de projets qu'il ne le souhaitait. De toute évidence, plusieurs pays en développement devraient réviser leurs méthodes et leurs règlements administratifs afin d'une part, de réduire les délais de mise en oeuvre des projets et d'autre part, de former des scientifiques seniors à l'administration de travaux de recherche et de leur en confier la gestion, dans toute l'acception du terme.

La compréhension de la méthodologie des systèmes est essentielle à la gestion de la recherche. Plusieurs publications de la SAAN ont souligné les risques que pose l'élaboration de techniques isolées sans une connaissance du système dans lequel elles doivent fonctionner. Une approche systémique est holistique plutôt que fragmentée ou parcellisée. Elle analyse le système dans son ensemble et cherche d'abord à identifier les restrictions et les contraintes touchant les modifications avantageuses proposées à l'intérieur du système. La recherche systémique nécessite un intellect analytique et diagnostique plutôt qu'intuitif. Une formation à la méthodologie des systèmes paraît souhaitable pour tous les scientifiques agricoles, mais pour ceux qui aspirent à la gestion des recherches, elle est indispensable.

Coût des projets et des programmes

Le coût moyen des projets réalisés pendant la décennie est donné par discipline dans l'Annexe 1 (Tableau 2). Les pourcentages du budget consacrés à différents secteurs et éléments de programme figurent au tableau 3 de la même Annexe. Parmi les secteurs du programme, le point le

plus remarquable est la proportion croissante des projets des SPP (de 16 % en 1975-1976 à 29 % en 1979-1980) indiquant la reconnaissance graduelle par les gouvernements de l'importance des systèmes post-production, c'est-à-dire qu'ils comprennent qu'il y a peu à gagner en augmentant les récoltes agricoles et piscicoles si ce surplus n'est pas livré sainement et économiquement aux consommateurs.

Le tableau 4 de l'Annexe 1 montre la proportion accrue des budgets consacrée à la formation de personnel et à l'acquisition de biens d'équipement dans les projets de pêches, ce qui révèle que la recherche aquicole est moins bien dotée que la recherche agricole. Ce tableau montre la proportion élevée des fonds administrés par le Centre, particulièrement en Afrique, par rapport aux institutions canadiennes, reflétant les difficultés reliées aux achats et à l'administration financière (problème abordé plus haut).

Ce que le CRDI peut acheter pour la recherche avec un dollar varie considérablement selon les pays, les institutions et les types de projet. Les projets les plus coûteux se retrouvent dans les CIRA et d'autres organisations où les scientifiques reçoivent des salaires et des indemnités de niveau international. Des différences appréciables dans les échelles de salaire et les prix locaux existent entre les divers pays en développement, et même dans les nations d'une même région géographique.

Étant donné que la majeure partie du budget d'exploitation de la SAAN est dépensée dans les pays en développement, l'inflation et partant, la dévaluation du dollar canadien comparativement à plusieurs autres devises est à l'origine de la baisse considérable du pouvoir d'achat réel. Le coût moyen d'un projet est demeuré relativement constant, en partie à cause de la proportion accrue des projets des SPP dont le coût moyen est à peu près la moitié de celui de la plupart des autres recherches. En général, la science et la technologie de l'alimentation, la nutrition et les petits projets d'ingénierie exigent moins de capitaux, de matériel de recherche et de main-d'oeuvre que les projets d'amélioration des systèmes agricoles, des cultures, de l'élevage ou de foresterie.

Il semble inévitable que les coûts d'exploitation du CRDI augmentent avec le temps. Sans un accroissement des ressources financières et humaines, la SAAN continuera à recevoir plus de demandes d'aide qu'elle ne peut en accepter.

Le personnel de la SAAN

Au début, la Division ne comptait qu'un petit groupe de spécialistes hautement compétents qui ont apporté un grand nombre d'années d'expérience collective acquises par le travail dans les pays en développement. C'étaient les directeurs adjoints qui ont été les artisans du programme. Peu à peu se sont ajoutés des experts, administrateurs de programme de même qu'un Groupe d'économie agricole et quelques employés plus jeunes possédant une formation scientifique plus générale. La grande majorité de ces jeunes venaient du SUCO ou d'autres organismes bénévoles semblables.

Que le nombre de spécialistes qualifiés dépasse celui des généralistes résulte d'un choix délibéré, bien que la présence de ces derniers soit essen-

tielle, particulièrement dans les bureaux régionaux, afin de régler les problèmes locaux de nature technique et administrative. Il est également prévu de maintenir une proportion beaucoup plus élevée de professionnels à l'extérieur du siège social du CRDI. Ceux qui vivent dans les régions en développement demeurent plus conscients des changements dans les pays voisins. Ceux qui travaillent dans les universités et les institutions de recherches restent en contact physique et intellectuel plus étroit avec leur discipline scientifique. La recherche agricole est peu visible à Ottawa.

Les déplacements réguliers, qui constituent une moyenne de 128 jours par année par scientifique professionnel, alourdissent les responsabilités du personnel. Les absences prolongées perturbent la vie familiale, et le programme doit beaucoup à la patience et à la tolérance des épouses et des enfants. Les inconvénients du voyage ont été aggravés par la réduction des services des compagnies aériennes, désireuses de réaliser des économies, et par l'encombrement des aéroports desservis par les gros porteurs. Les voyages vers les lieux d'affectation et les retours sont plus fatigants que les responsabilités scientifiques et administratives. Après plusieurs années sans congé d'études ni renouvellement intellectuel, il est difficile de maintenir le niveau élevé de compétence scientifique et d'imagination nécessaires pour prévoir et satisfaire les besoins des pays en développement.

Le mode d'opération du CRDI exige un personnel professionnel très compétent. Il n'est guère utile de détacher auprès d'une équipe de projets des conseillers moins bien informés que ceux qu'ils viennent aider. Il est heureux pour la SAAN que des scientifiques compétents et de réputation internationale aient choisi de se joindre au Centre et d'y demeurer aussi longtemps. Considérant que la plupart des dossiers des organismes, bien qu'ordonnés et consignés de façon ingénieuse, sont plus ou moins fiables, le programme de la SAAN a pu éviter cet écueil grâce à la remarquable stabilité du personnel professionnel supérieur. Chaque groupe de programmes de la SAAN compte au moins un membre du personnel qui travaille pour la Division depuis une période variant de 5 à 9 ans ; c'est là une continuité qui a permis l'existence d'une tradition fiable ainsi qu'un rapport constant et étroit avec les scientifiques des projets bénéficiaires. Cette permanence a contribué de façon remarquable à l'existence d'une décennie ininterrompue d'expériences.

Chapter 4



Perspective d'avenir

Selon des données de la FAO, la production alimentaire a augmenté plus lentement que la population dans 58 des 106 pays en développement de 1970 à 1978. Il reste donc beaucoup à faire, et ce, en relativement peu de temps.

L'autosuffisance alimentaire nécessite des ressources professionnelles et humaines autonomes capables de créer, d'adapter et d'appliquer des techniques correspondant aux environnements physiques, sociaux et économiques dominants. Chaque nation doit se doter d'un organisme de recherche et de développement en agriculture composé de son propre personnel qualifié.

L'insistance du CRDI sur l'acquisition d'une compétence scientifique locale demeure relativement unique chez les donateurs bilatéraux et complète les programmes d'aide qui sont davantage axés sur la création d'une structure institutionnelle de recherche. L'autosuffisance scientifique d'une nation exige que ses chercheurs puissent prendre leurs propres décisions, gérer les ressources dont ils disposent et apprendre de leurs erreurs. La réalisation de cet objectif reste le but principal du CRDI.

Les capacités de recherche, institutionnelles et professionnelles, varient énormément d'un PMA à l'autre, et il n'est pas facile d'atteindre un équilibre entre l'assistance à accorder aux pays les plus avancés sur le plan scientifique, à ceux les plus aptes à travailler de concert avec le CRDI et à ceux les moins pourvus en ressources humaines mais les plus démunis. Les demandes d'aide à des projets augmentant plus rapidement que les ressources dont dispose la Division, il faut faire des choix difficiles pour établir un équilibre entre les pays les plus avancés et les moins avancés sur le plan scientifique, entre l'aide à des projets d'amélioration technique relativement simples et celle consacrée à des projets de recherche sur les systèmes agricoles plus exigeants sur le plan scientifique mais habituellement plus productifs.

Il y a peu de bonnes raisons qui militent en faveur d'une réorientation radicale de l'ordre des priorités actuel : les projets destinés à augmenter l'approvisionnement en nourriture et en combustible ; à améliorer la qualité du régime alimentaire ; à hausser le revenu disponible ; et le bien-être général des populations rurales. On continuera d'insister sur les cultures, sur les formes d'élevage d'animaux terrestres et aquatiques susceptibles d'augmenter l'approvisionnement rural en nourriture, sur les systèmes post-production qui assurent des pertes minimales, une livraison sûre et économique des produits agricoles depuis le moment et l'endroit de la récolte jusqu'au moment et à l'endroit de consommation, et sur la mise au

point d'espèces d'arbres et d'autres sources économiques de combustible qui, contrairement au gazool (essence combinée à de l'éthanol dérivé d'hydrates de carbone comestibles), n'épuisent pas les réserves de nourriture des pauvres pour alimenter les automobiles des personnes relativement riches.

Les engagements continus actuels empêchent toute modification soudaine ou radicale du programme. Il faudra effectuer davantage de recherches pour augmenter et stabiliser les rendements à la ferme des céréales, légumineuses, oléagineux, bananes, plantains et autres cultures de subsistance traditionnelles acceptables pour les populations rurales démunies. Des plantes sauvages ou exotiques qui sont fascinantes sur le plan botanique ou alimentaire, mais peu demandées par le consommateur, ne sont pas considérées comme prioritaires dans l'avenir immédiat.

La structure du personnel de la SAAN est actuellement modifiée pour répondre à l'intérêt croissant en matière de recherches sur les systèmes de culture et d'exploitation agricole. Certes, des projets intégrés aussi complexes que la recherche sur la mise en valeur du désert égyptien ne devraient pas proliférer dans le monde, mais l'intégration progressive à l'agriculture d'un ou de plusieurs éléments de recherche relatifs aux animaux, forêts, aux pêches et aux systèmes post-production semble possible dans plusieurs pays.

On prévoit un investissement continu dans les domaines de l'aquiculture et de la mariculture et dans celui de la culture des plantes et des animaux aquatiques à des fins alimentaires et pour augmenter les revenus. Il est urgent, mais le CRDI ne peut seul le réaliser, de faire davantage de recherches fondamentales sur la physiologie de la reproduction, les besoins nutritifs, la pathologie et l'adaptation à l'environnement, à tous les stades de leur cycle biologique, de toutes les espèces de poissons d'élevage. La CASA-FA reconnaît que ce besoin mérite l'attention de la communauté scientifique internationale. Il faudra également que plusieurs donateurs apportent leur aide à la création d'un centre international de recherches aquicoles, de préférence en Asie, d'une portée et d'une compétence comparables à celles des CIRA, pour obtenir de nouvelles connaissances, mettre au point des méthodes fiables et former des ichtyologistes.

Le succès du projet sur les prises fortuites en Guyane a suscité beaucoup d'intérêt. La Division étudie les moyens de stimuler des investissements méthodiques en matière de développement de l'utilisation des prises fortuites de même qu'un examen à l'échelle mondiale des possibilités de transformation et de distribution de ces captures.

Dans le domaine de la zootechnie, l'amélioration des pâturages, des fourrages et du recyclage des déchets et des sous-produits dans les petites fermes suscite un intérêt particulier et croissant. Les méthodes actuellement mises au point dans le cadre de plusieurs projets réalisés en Amérique latine feront probablement l'objet de recherches en Asie et en Afrique en vue de les adapter aux conditions prévalant sur chaque continent.

Les projets de foresterie, qui, forcément, durent longtemps, s'attacheront aux besoins sociaux du milieu rural. Il faudrait effectuer davantage de recherches sur la survie et les taux de croissance des espèces dans diverses

conditions écologiques adverses, formuler des recommandations pour répondre aux besoins des populations rurales et déterminer quels systèmes de sylviculture sont les plus économiques dans différentes conditions dominantes. Bien que l'on attende les différentes méthodes fiables que la CIRAF doit élaborer et expérimenter pour procéder à des essais agroforestiers plus complexes, on espère poursuivre l'introduction d'arbres dans certains systèmes culturels.

Le secteur post-production continuera de s'agrandir et de se diversifier. L'efficacité des systèmes post-production pour les céréales, les légumineuses, les oléagineux, les fruits, les légumes, les produits de la terre et les animaux aquatiques n'est pas toujours évidente dans le Tiers-Monde. D'autres projets sur les systèmes post-production sont prévus et incorporent la recherche post-récolte à l'amélioration des cultures vivrières et de l'élevage des animaux et des poissons. La recherche opérationnelle offre des possibilités importantes et inexplorées d'améliorer l'efficacité des agroindustries rurales existantes : elle constitue une analyse systématique des industries actuelles pour déterminer par quels moyens il est possible d'améliorer leur productivité et leur efficacité technique et économique. Les possibilités de la plupart des petites entreprises rurales sont entièrement exploitées. En conséquence, la fabrication de tout nouveau produit nécessite soit a) des fonds pour agrandir les installations actuelles de fabrication et de distribution, b) soit l'élimination des produits et procédés existants pour faire place aux nouveaux ou c) l'amélioration des opérations de fabrication et de répartition des ressources pour offrir l'occasion et faire place à de nouvelles entreprises. La recherche opérationnelle systématique rend possible la solution c) sans avoir recours à a) ou b). C'est également par le biais de la recherche opérationnelle que les petites entreprises peuvent réaliser des économies d'énergie.

L'approche systémique de la recherche semble nouvelle à de nombreuses personnes formées dans des domaines scientifiques particuliers. Il sera donc nécessaire d'offrir des possibilités de formation en gestion générale et systémique dans les secteurs de la production et de la post-production.

L'un des objets du CRDI est " d'encourager de façon générale la coordination de la recherche internationale sur le développement ". Nous l'interprétons en partie comme une nécessité de coordonner le programme de la SAAN avec les activités d'autres organisations. Comme nous l'avons déjà mentionné, la flexibilité du CRDI lui permet de collaborer assez facilement avec d'autres organismes de développement. Nous avons l'intention d'explorer les possibilités de participation avec des organismes dont les ressources et les façons de procéder pourraient compléter celles de la SAAN. L'aide à la recherche locale, notamment dans les pays les moins développés, doit être associée à la mise sur pied des institutions de recherche et de formation nécessaires de même qu'à des investissements dans l'infrastructure rurale. Des discussions avec d'autres organismes ont été entamées et seront activement poursuivies par le directeur adjoint récemment nommé.

En résumé, il est peu probable que le futur ordre de priorité de la SAAN change énormément. Il faut que les chercheurs continuent à collaborer avec les populations rurales 1) pour améliorer le revenu des petits exploitants,

des pêcheurs artisanaux et des petits industriels, 2) pour améliorer les systèmes de conservation des ressources renouvelables dont dépendent la production alimentaire, sa distribution et son utilisation, 3) pour comprendre les éléments concomitants de coût, risque et bénéfice qui influent sur l'acceptation des innovations techniques et systématiques et 4) pour encourager la coopération entre les pays et les collectivités ayant les mêmes intérêts et les mêmes possibilités.

Les dix prochaines années s'avéreront peut-être très critiques pour le bien-être et même la survie de nombreux habitants de PMA. La production alimentaire par personne diminue dans presque toute l'Afrique. L'exode rural rend plus impérieuse la nécessité d'accroître la productivité agricole et de rendre plus efficaces les systèmes post-production de conservation et de distribution.

L'agriculture constitue le seul moyen de survie ou de subsistance de la majorité des populations rurales de l'Afrique, de l'Asie, du Moyen-Orient, des Antilles et de l'Amérique latine. A l'échelle internationale, les fonds consacrés à la recherche et au développement agricole sont minimes comparativement à l'argent dépensé pour améliorer les automobiles et les armements. Les documents de travail 360 et 361 du personnel de la Banque mondiale prouvent toutefois que l'agriculture engendre des bénéfices substantiels. Quoi qu'il en soit, les bienfaits de la recherche agricole ne se manifestent que lentement, le développement agricole étant un processus évolutif aidé par l'ingéniosité et l'innovation de l'homme. L'expression "révolution verte" est une fausse appellation, imaginée par des journalistes et non par des chercheurs.

Cette situation exige que la recherche agricole soit davantage encouragée, car c'est seulement par la recherche et le développement et l'investissement en agriculture que les PMA s'affranchiront de leur dépendance envers les importations de vivres et s'assureront un taux d'emploi rural plus élevé et des revenus familiaux supérieurs.

Chaque pays a besoin d'un encadrement de scientifiques et de gestionnaires de la recherche, personnes dont les connaissances et l'expérience suscitent le respect et qui sont consultées par les décideurs qui font des choix entre les nombreuses solutions techniques possibles. Puisque l'agriculture domine l'économie et, par le fait même, commande la survie de tant de nations en développement, il n'existe aucun autre secteur où s'impose davantage l'aptitude à faire des choix éclairés.

*Nous ne sommes pas les instruments impuissants de forces impersonnelles.
Nous pouvons jouer un rôle dans la détermination de l'avenir. Ceux qui allument une
petite bougie dans les ténèbres réussiront à illuminer le ciel.*

(Radhakrishnan)

Épilogue



Épilogue

La Commission Brandt affirme dans son rapport qu' " on estime à 800 millions le nombre actuel des ' indigents ' dans le Tiers Monde . . . que la plupart d'entre eux ne peuvent se procurer une nourriture convenable. . . que des millions d'êtres humains mourront par suite de manque d'aliments ou seront handicapés dans leur développement physique . . . que les plus importantes régions du monde doivent tendre à se suffire sur le plan alimentaire " .

D'après les statistiques de la FAO, de l'IFPRI, l'Institut international de recherche sur la politique alimentaire, et d'autres sources sûres, on évalue à 5 % seulement l'augmentation de la production céréalière du monde entre 1976-1977 et 1980-1981 et jusqu'à 9,5 % l'accroissement de la population du globe. Les PMA, pays moins avancés, ont accru de 66 % leurs importations de céréales pendant cette période et les PLMA, pays les moins avancés, de 143 %, les secours alimentaires ayant parallèlement été réduits de 31 % .

Dans le même laps de temps, les stocks de céréales ont subi une baisse de 22 % par rapport à la consommation mondiale ; la réserve prévue pour 1981 est d'environ 3,3 millions de tonnes, soit la moitié des stocks de 1974, au moment où se tenait la Conférence mondiale de l'alimentation pour alerter le monde entier de l'imminence d'une crise alimentaire.

Et le déficit en aliments de base pourrait atteindre 85 millions de tonnes dans les PMA en 1990, chiffre qui comprend 10 % seulement de plus que le minimum fixé pour la satisfaction des besoins énergétiques. Ce déficit s'aggraverait encore : si la Russie et la Chine augmentaient leurs importations de produits alimentaires, si une terrible sécheresse ou autre catastrophe survenait, si les pays industrialisés de l'Amérique du Nord et de l'Europe continuaient à sacrifier leurs meilleures terres agricoles à l'urbanisation, ou encore, si les gouvernements à courte vue et les riches néroniens persistent à vouloir entendre la musique de leurs moteurs et satisfaire l'appétit de leurs voitures plutôt que celui des millions d'affamés.

Cependant, les pays les plus pauvres ont besoin, pour atteindre l'auto-suffisance alimentaire, que les efforts consacrés à la recherche et au développement agronomique soient plus considérables. Presque tous ces pays doivent se constituer des compétences et capacités de recherche pour accroître leur production alimentaire et réussir à nourrir leurs populations. Toutes les recherches mentionnées plus haut démontrent combien sont rentables les fonds investis dans la recherche appliquée, à preuve, l'augmentation considérable des rendements agricoles à Sri Lanka résultant des études sur les systèmes culturaux ; le supplément de protéines que l'Inde a obtenu avec la pisciculture et la récupération des prises fortuites des crevetters guyanais ; l'accroissement de la production des petits éleveurs de

l'Amérique centrale et du Sud par l'amélioration des pâturages associée à des fourrages provenant de sous-produits ; un volume plus grand de bois de feu et de fourrages et des sols amendés au Moyen-Orient, en Asie du Sud-Est et en Afrique de l'Ouest, par l'association de l'élevage, de l'agriculture et de la sylviculture ; l'encouragement de la production céréalière au Nigeria et au Botswana par l'établissement de petites minoteries dans les campagnes ; la conquête du désert égyptien par l'introduction de systèmes combinant brise-vent, pâturages résistants et cultures vivrières.

Mais c'est aussi la responsabilité des décideurs des pays développés et en voie de développement de préparer l'avenir en apportant à la recherche en agriculture le soutien financier requis pour produire assez de nourriture pour tous les êtres humains. Comme le disait B.R. Sen, il y a 20 ans, à l'ouverture de la campagne de la lutte contre la faim :

“ Nous sommes tous responsables de la faim d'un seul homme. ”

L'objet ultime de notre Division est d'aider les pays en développement à se rapprocher de l'autosuffisance sur le plan de l'agriculture scientifique.

En 1763, la marquise du Deffard écrivait à d'Alembert : “ La distance n'y fait rien : il n'y a que le premier pas qui coûte. ” La première décennie de la Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition n'a été que le premier pas d'une longue marche qui nous conduira au but. Ce fut pour nous une décennie riche d'expérience.

Annexe 1

Tableau cumulatif

Tableau 1. Liste des projets, par ordre alphabétique, au 31 janvier 1981.

73-0136	Acariens du manioc (Trinidad) (CIBC) Phase I	77-0083	Amélioration du maïs et du haricot (Burundi)
75-0026	Acariens du manioc (Trinidad) (CIBC) Phase II	79-0024	Amélioration du traitement (Singapour)
79-0065	Acariens du manioc (Trinidad) (CIBC) Phase III	72-0095	Amélioration du sorgho (Éthiopie) Phase I
75-0042	Administration des pâturages (Mexique) Phase I	74-0023	Amélioration du sorgho (Éthiopie) Phase II
78-0135	Administration des pâturages (Mexique) Phase II	79-0016	Amélioration du sorgho (Éthiopie) Phase III
76-0144	Administration des pâturages (Pérou) Phase I	78-0036	Aménagement des pâturages (Chili)
80-0058	Administration des pâturages (Pérou) Phase II	76-0001	Aquiculture (Brésil)
79-0120	Agriculture au désert (Égypte)	77-0035	Aquiculture (Égypte)
78-0133	L'agriculture dans les Andes (Pérou)	73-0065	Aquiculture (Inde)
74-0138	Agriculture de zones sèches (ICARDA)	76-0157	Aquiculture (Soudan)
76-0040	Agroforesterie (Cameroun)	75-0034	Aquiculture (Turquie)
76-0130	Agroforesterie (IITA) Phase I	79-0091	Aquiculture dans les jachères submergées (Guyane)
80-0130	Agroforesterie (IITA) Phase II	79-0026	Bambou (Bangladesh)
76-0007	Agroforesterie (Nigeria)	80-0017	Bambou (Indonésie)
76-0008	Agrosilviculture (Ghana)	79-0082	Batteuses à millet (Mali)
74-0049	Alfa (Tunisie)	79-0077	Beurre de Karité (Mali)
73-0042	Aliments à base de grains (Liban)	76-0126	Boisement (Bolivie)
79-0017	Amélioration de l'arachide (Mozambique)	75-0120	Boisement (Jordanie)
78-0042	Amélioration de l'orge (Turquie)	74-0020	Boisement (Kenya)
76-0132	Amélioration des céréales (Sri Lanka) Phase I	76-0090	Boisement (Pérou) Phase I
80-0082	Amélioration des céréales (Sri Lanka) Phase II	80-0028	Boisement (Pérou) Phase II
77-0073	Amélioration des légumineuses alimentaires (Égypte) Phase I	77-0145	Boisement (Tanzanie)
80-0118	Amélioration des légumineuses alimentaires (Égypte) Phase II	72-0094	Bois de savane (Mali) Phase I
77-0060	Amélioration des légumineuses alimentaires (Soudan)	74-0165	Bois de savane (Mali) Phase II
80-0131	Amélioration des oléagineuses des hautes terres (Éthiopie)	72-0093	Bois de village (Niger) Phase I
		80-0076	Bois de village (Niger) Phase II
		73-0114	Brise-vent (Nigeria)
		77-0018	Brise-vent (Tunisie)
		74-0003	Boisements pastoraux (Senégal) Phase I
		73-0123	Brûlure bactérienne (Nigeria)
		77-0008	Bupreste de pin (Guatemala)
		80-0109	Camélidés sud-américains (Pérou)
		73-0058	Carpiculture (Malaysia) Phase I

(Tableau 1 suite)

77-0051	Carpiculture (Malaysia) Phase II	71-0005	Développement rural (Colombie) Phase I
75-0048	Casuarina (Égypte) Phase I		
80-0027	Casuarina (Égypte) Phase II	72-0124	Développement rural (Colombie) Phase II
78-0046	Céréales résistantes à la sécheresse (CATIE)	77-0017	Efficacité des engrais (Égypte)
79-0137	Champignons lignocellulolytiques (Thaïlande)	78-0091	Élevage de chame (Équateur)
74-0146	Chanidés (SEAFDEC) Phase I	78-0058	Élevage des porcs (Salvador)
78-0033	Chanidés (SEAFDEC) Phase II	73-0061	Élevage du bétail (CIEA)
78-0065	Classement des bois (Mexique)	79-0160	Élevage en nasses (République Dominicaine)
76-0160	Cochenilles du manioc (CIBC) Phase I	79-0018	Élevage en nasses (Sri Lanka)
80-0116	Cochenilles du manioc (CIBC) Phase II	80-0011	Engrais phosphatés IFDC Afrique de l'Ouest
75-0032	Colza (Inde)	72-0112	Enrichissement microbiologique (Malaysia)
76-0136	Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) Phase I	77-0159	Entreposage du niébé (Haute-Volta)
78-0001	Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) Phase II	79-0007	Entreposage du niébé (Sierra Leone)
79-0043	Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) Phase III	79-0109	Entreposage du riz (Sierra Leone)
80-0032	Conseil international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF) Phase IV	78-0095	Extension des systèmes culturaux (IRRI)
79-0101	Culture de légumineuses sous les bananiers (UPEB)	75-0103	Extraits pituitaires de poisson (Colombie-Britannique)
74-0058	Cultures des régions semi-arides (Thaïlande)	71-0020	Farines mixtes (Manitoba) Phase I
78-0112	Culture intercalaire (Swaziland)	71-0040	Farines mixtes (Manitoba) Phase II
72-0025	Culture intercalaire (Tanzanie) Phase I	78-0056	Féverole (Égypte) Phase I
74-0087	Culture intercalaire (Tanzanie) Phase II	80-0125	Féverole (Égypte) Phase II
80-0128	Décortiqueuses d'arachides (Thaïlande)	76-0075	Fourrages d'été (Égypte)
80-0064	Déshydratation des légumes (Zambie)	78-0104	Gomme arabique et boisements pastoraux (Sénégal) Phase II
79-0124	Déshydratation des pommes de terre (Pérou)	72-0096	Gomme arabique (Sénégal)
71-0039	Déshydratation osmotique (CDA)	73-0069	Gonadotrophine (Université de la Colombie-Britannique)
72-0004	Déshydratation osmotique (UWI)	78-0044	Graines oléagineuses (Égypte)
76-0111	Déshydratation solaire (Égypte) Phase I	79-0104	Graines oléagineuses (Sri Lanka)
80-0126	Déshydratation solaire (Égypte) Phase II	80-0102	Graines oléagineuses (Soudan)
79-0097	Développement de la conchyliculture (Belize)	75-0019	Hybride sorgho et maïs (LRP)
71-0019	Développement des systèmes de mouture des grains (Guelph)	75-0028	Instruments aratoires (Égypte) Phase I
		79-0112	Instruments aratoires (Égypte) Phase II
		76-0091	Instruments aratoires (Ghana) Phase I
		80-0013	Instruments aratoires (Ghana) Phase II
		76-0126	Intensification des cultures (Syrie) Phase I
		80-0121	Intensification des cultures (Syrie) Phase II

(Tableau 1 suite)

78-0107	Introduction du quinoa (Colombie)	78-0032	Légumineuses de pâturage (Panama)
80-0107	Invertébrés algues marines (Chili)	76-0115	Leucaena (Philippines)
79-0098	Langouste (Cuba)	72-0099	Levés aériens en forêt (Surinam)
79-0019	Légumes (Kenya)	78-0007	Lupin (Chili) Phase I
79-0142	Légumineuses à gousses et arachides (Tanzanie)	79-0108	Lupin (Chili) Phase II
78-0043	Légumineuses à grains (Algérie) Phase II	79-0172	Lutte contre les insectes prédateurs des légumineuses (Université de la Haute-Volta)
77-0048	Légumineuses à grains (Bangladesh) Phase I	75-0112	Lutte contre l'Orobanche (Égypte)
79-0134	Légumineuses à grains (Bangladesh) Phase II	74-0119	Lutte contre l'Orobanche (ICARDA) Phase I
71-0078	Légumineuses à grains (Antilles) Phase I	78-0041	Lutte contre l'Orobanche (ICARDA) Phase II
74-0168	Légumineuses à grains (Antilles) Phase II	80-0009	Maladies de la féverole (Université du Manitoba)
76-0191	Légumineuses à grains (Antilles) Phase III	73-0113	Maladies des bovins (Guelph) Phase I
77-0101	Légumineuses à grains (ICARDA) Phase I	75-0040	Maladies des bovins (Guelph) Phase II
79-0144	Légumineuses à grains (ICARDA) Phase II	77-0110	Mariculture (Colombie)
73-0013	Légumineuses à grains (ICRISAT) Phase I	78-0090	Mariculture (Pérou)
74-0161	Légumineuses à grains (ICRISAT) Phase II	74-0056	Manioc (Inde)
74-0128	Légumineuses alimentaires (IITA/Haute-Volta) Phase I	73-0146	Manioc (Brésil) (CIAT)
79-0038	Légumineuses alimentaires (IITA/Haute-Volta) Phase II	74-0153	Manioc (Équateur)
78-0040	Légumineuses alimentaires (Mali)	73-0043	Manioc (Indonésie) Phase I
77-0009	Légumineuses alimentaires (Niger)	76-0060	Manioc (Indonésie) Phase II
74-0090	Légumineuses alimentaires (Pakistan)	74-0046	Manioc (Malaysia)
77-0102	Légumineuses alimentaires (Sierra Leone)	74-0047	Manioc (Nigeria) Phase I
78-0048	Légumineuses alimentaires (Turquie)	77-0034	Manioc (Nigeria) Phase II
76-0131	Légumineuses de pâturage (Belize) Phase I	74-0002	Manioc (Pérou) (CIAT)
79-0003	Légumineuses de pâturage (Belize) Phase II	76-0105	Manioc (Zanzibar)
71-0006	Légumineuses de pâturage (Antilles) Phase I	76-0038	Manioc matériel génétique (Brésil)
75-0002	Légumineuses de pâturage (Antilles) Phase II	78-0024	Manioc matériel génétique (LRP) Phase I
77-0007	Légumineuses de pâturage (Antilles) Phase III	79-0062	Manioc matériel génétique (LRP) Phase II
77-0125	Légumineuses de pâturage (ICARDA)	79-0022	Manioc sauvage (Brésil)
		80-0138	Matériel de transformation alimentaire (Thaïlande)
		80-0021	Mécanisation et développement de la culture des lentilles et des pois chiches (Jordanie)
		77-0058	Méthodes culturales (Mali)
		79-0173	Méthodes culturales (Tanzanie)
		75-0094	Microbiologie du manioc (Guelph) Phase I
		76-0120	Microbiologie du manioc (Guelph) Phase II
		78-0130	Microbiologie du manioc (Guelph) Phase III

(Tableau 1 suite)

79-0140	Mils (Bangladesh)	76-0102	Polyphénols (Sheffield) Phase II
75-0072	Mils (Inde)	75-0135	Préparation domestique des légumineuses (Thaïlande)
78-0023	Moulin à céréales (Botswana)		Phase I
78-0055	Moulin à riz de village (Thaïlande)	79-0107	Préparation domestique des légumineuses (Thaïlande)
75-0137	Moulin à sorgho (Botswana)		Phase II
78-0054	Moulin à sorgho (Soudan)	72-0091	Produits bois-ciment (Ghana)
79-0093	Moulin à sorgho (Tanzanie)	75-0035	Produits halieutiques (Guyane)
80-0002	Mousse de mer (Sainte-Lucie)		Phase I
78-0008	Mouture et qualité du mil et du sorgho (LRP)	78-0034	Produits halieutiques (Guyane)
72-0003	Mouture et utilisation des grains (Nigeria) Phase I	77-0147	Phase II
73-0128	Mouture et utilisation des grains (Nigeria) Phase II	74-0159	Prosopis (Soudan)
75-0114	Moutarde (Inde)	76-0078	Qualité des légumineuses (INCAP)
77-0121	Mytiliculture (Singapour)	80-0115	Quinoa (Bolivie) Phase I
78-0085	Orobanche : <i>Striga</i> (Sussex)	71-0081	Quinoa (Bolivie) Phase II
76-0057	Ostréiculture (Jamaïque)		Rayonnement du CIAT (Amérique latine) Phase I
74-0113	Ostréiculture (Sabah)	72-0125	Rayonnement du CIAT (Amérique latine) Phase II
73-0008	Ostréiculture (Sierra Leone) Phase I	72-0024	Rayonnement du triticale (Éthiopie) Phase I
77-0146	Ostréiculture (Sierra Leone) Phase II	76-0052	Rayonnement du triticale (Éthiopie) Phase II
77-0021	Ostréiculture (Soudan)	73-0063	Réactions entre plantes (UCB)
73-0147	Parasites de poissons (Indonésie)	75-0123	Recherches collectives sur le manioc (Asie)
79-0085	Parasites de poissons (Malaysia)	74-0162	Recherches collectives sur le manioc (Amérique latine)
79-0069	Parasites de poisson (Philippines)	76-0020	Recherche coopérative en foresterie (Afrique)
73-0062	Pathologie animale (ILRAD)	75-0073	Recherche et développement de système post-récolte (Asie du Sud-Est) Phase I
79-0099	Pêches continentales (Indonésie)	79-0139	Recherche et développement de système post-récolte (Asie du Sud-Est) Phase II
75-0035	Pêches continentales (Sarawak)	73-0143	Recherche en riziculture (ADRAO) Phase I
71-0106	La pêche en milieu rural (Ghana)	78-0047	Recherche en riziculture (ADRAO) Phase II
77-0042	Pisciculture (Rwanda)	71-0093	Recherches prioritaires (Antilles) Phase I
76-0045	Pisciculture (Singapour) Phase I	76-0152	Recherche sur les engrais (IFDC) Phase I
80-0057	Pisciculture (Singapour) Phase II	78-0088	Recherche sur les engrais (IFDC) Phase II
79-0050	Pisciculture (Togo)	80-0003	Recherche sur les engrais (IFDC) Phase III
76-0061	Pisciculture (Université de Victoria)	74-0024	Récupération des terres (Soudan)
78-0039	Plantains (Cameroun)	77-0046	Régime alimentaire des vaches laitières et du boeuf de boucherie (Panama)
77-0082	Plantations d'arbre-bois de chauffage (Malawi)		
73-0115	Plantations irriguées (Mali)		
77-0106	Poèles à charbon (Tanzanie)		
75-0131	Pois d'Angole (Kenya) Phase I		
79-0063	Pois d'Angole (Kenya) Phase II		
79-0021	Polyculture (ICA) (Colombie)		
71-0107	Polyculture (IRRI) (Philippines) Phase I		
73-0014	Polyculture (IRRI) (Philippines) Phase II		
75-0086	Polyculture (UPLB)		
72-0006	Polyculture (Thaïlande)		
75-0043	Polyphénols (Sheffield) Phase I		

79-0027	Résistance à la sécheresse des légumineuses alimentaires (IITA/Niger)	78-0098	Sorgho tolérant au froid (ICRISAT) Phase II
72-0102	Résistance à la sécheresse (Université Laval) Phase I	75-0037	Sorgho/triticales/ oléagineuses (Rwanda)
74-0107	Résistance à la sécheresse (Université Laval) Phase II	77-0087	Sous-produits (Bali)
73-0129	Résistance à la sécheresse (Saskatchewan) Phase I	76-0074	Sous-produits (Égypte) Phase I
79-0064	Résistance à la sécheresse (Saskatchewan) Phase II	80-0006	Sous-produits (Égypte) Phase II
76-0103	Résistance aux insectes (ICIPE)	78-0031	Sous-produits (Kenya)
75-0122	Rotations culturales (Kenya)	73-0139	Sous-produits (Mexique) Phase I
75-0097	Safran (Inde)	76-0064	Sous-produits (Mexique) Phase II
78-0027	Séchage de produits agricoles (Guatemala)	77-0088	Sous-produits (Soudan)
78-0051	Séchage des oignons (Niger)	79-0049	Sous-produits (Syrie)
77-0162	Séchage du riz au soleil (Thaïlande) Phase I	77-0041	Striga (Soudan)
80-0060	Séchage du riz au soleil (Thaïlande) Phase II	73-0015	Striga (Sussex) Phase I
78-0113	Séchoirs solaires pour produits agricoles (Sierra Leone)	75-0065	Striga (Sussex) Phase II
74-0054	Sélection variétale (Philippines) Phase I	76-0101	Striga (Sussex) Phase III
78-0045	Sélection variétale (Philippines) Phase II	78-0006	Striga (Haute-Volta) (ICRISAT)
75-0098	Sésame (Inde)	73-0009	Stockage des grains (Ghana)
73-0143	Sésame (Israël)	75-0021	Stockage des grains (Swaziland)
72-0073	Sorgho (CIMMYT) (Mexique) Phase I	77-0086	Systèmes culturaux (Honduras) Phase I
74-0132	Sorgho (CIMMYT) (Mexique) Phase II	79-0145	Systèmes culturaux (Honduras) Phase II
72-0011	Sorgho (Sénégal) Phase I	74-0157	Systèmes culturaux (Indonésie) Phase I
75-0088	Sorgho (Sénégal) Phase II	77-0010	Systèmes culturaux (Indonésie) Phase II
79-0094	Sorgho (Sénégal) Phase III	72-0086	Systèmes culturaux (ICRISAT)
80-0103	Sorgho (Somalie)	74-0053	Systèmes culturaux (IRRI) Phase I
72-0054	Sorgho, éleusine et pois cajan (Ouganda) Phase I	76-0087	Systèmes culturaux (IRRI) Phase II
75-0110	Sorgho, éleusine et pois cajan (Ouganda) Phase II	77-0086	Systèmes culturaux (Nicaragua) (CATIE) Phase I
73-0041	Sorgho, Maïs (Papouasie Nouvelle-Guinée)	80-0114	Systèmes culturaux (Nicaragua) Phase II
72-0051	Sorgho/ Mils (Ouganda) Phase I	75-0107	Systèmes culturaux (Sri Lanka) Phase I
75-0116	Sorgho/ Mils (Ouganda) Phase II	78-0050	Systèmes culturaux (Sri Lanka) Phase II
80-0056	Sorgho/ Mils (Ouganda) Phase III	76-0083	Systèmes culturaux (Thaïlande) Phase I
73-0010	Sorgho/ mils/ légumineuses (ALAD) Phase I	78-0049	Systèmes culturaux (Thaïlande) Phase II
75-0031	Sorgho/ mils/ légumineuses (ALAD) Phase II	77-0050	Systèmes culturaux (Togo)
76-0134	Sorgho tolérant au froid (ICRISAT) Phase I	77-0074	Systèmes culturaux (WINBAN) Phase I
		80-0120	Systèmes culturaux (WINBAN) Phase II
		74-0019	Systèmes culturaux (Bangladesh) Phase I
		78-0064	Systèmes culturaux (Bangladesh) Phase II

(Tableau 1 suite)

75-0090	Systèmes d'élevage du bétail (CATIE) Phase I	79-0110	Traitement du poisson (Mali)
79-0047	Systèmes d'élevage du bétail (CATIE) Phase II	80-0066	Traitement du poisson (Pérou)
78-0035	Systèmes de production de l'Amazonie (Pérou)	74-0079	Traitement du poisson (Philippines) Phase I
78-0105	Système de production continu (Colombie)	78-0110	Traitement du poisson (Philippines) Phase II
80-0012	Système post-récolte dans la province d'Isabel (Philippines)	80-0137	Traitement du poisson (Philippines) Phase III
80-0127	Système post-récolte de conservation des légumineuses (Bangladesh)	75-0036	Traitement du poisson (Thaïlande)
76-0047	Systèmes post-récolte du riz (Corée) Phase I	74-0006	Traitement de la pomme de terre (CIP)
78-0053	Systèmes post-récolte du riz (Corée) Phase II	80-0062	Transformation des légumineuses (Bangladesh)
80-0059	Systèmes post-récolte du riz (Corée) Phase III	75-0136	Transformation des légumineuses (Indonésie) Phase I
74-0123	Technique post-récolte du riz (Indonésie) Phase I	80-0065	Transformation des légumineuses (Indonésie) Phase II
78-0115	Technique post-récolte du riz (Indonésie) Phase II	78-0078	Transformation des produits alimentaires (Thaïlande)
74-0124	Technique post-récolte du riz (Phils-NGA-UPLB) Phase I	74-0080	Transformation des légumineuses (Philippines) Phase I
78-0114	Technique post-récolte du riz (Phils-NGA) Phase II	75-0075	Transformation des légumineuses (Philippines) Phase II
80-0014	Technique post-récolte du riz (Phils-UPLB) Phase II	73-0051	Transformation des légumineuses alimentaires (LRP) Phase I
74-0122	Technique post-récolte du riz (Singapour)	74-0168	Transformation des légumineuses alimentaires (LRP) Phase II
74-0120	Technique post-récolte du riz (Thaïlande)	75-0045	Transformation ménagère des grains (Inde)
74-0009	Technologie forestière (Pacte des Andes) Phase I	74-0016	Transformation du manioc (Thaïlande) Phase I
78-0073	Technologie forestière (Pacte des Andes) Phase II	76-0037	Transformation du manioc (Thaïlande) Phase II
76-0148	Technologie post-récolte (Inde)	73-0012	Triticale (Chili) Phase I
76-0026	Technologie post-récolte (Sénégal) Phase I	76-0088	Triticale (Chili) Phase II
79-0066	Technologie post-récolte (Sénégal) Phase II	79-0052	Triticale (Chili) Phase III
74-0144	Tilapia	74-0004	Triticale (Inde)
77-0004	Traitement des céréales (Sénégal)	73-0050	Triticale (Kenya)
76-0003	Traitement du niébé (Ghana)	74-0142	Triticale (Liban)
76-0077	Traitement du niébé (Nigeria)	76-0149	Triticale (Manitoba)
79-0156	Traitement industriel de la banane (UPEB)	79-0105	Triticale et céréales à petits grains (Sri Lanka)
74-0121	Traitement du paddy humide (Malaysia)	74-0026	Triticale d'hiver (Guelph) Phase I
76-0086	Traitement du poisson (Inde)	76-0148	Triticale d'hiver (Guelph) Phase II
79-0111	Traitement du poisson (Indonésie)		

(Tableau 1 fin)

77-0081	Triticale d'hiver (Guelph) Phase III	77-0049	Tubercules alimentaires (Sri Lanka)
73-0033	Triticale légumineuses à grains (Algérie) Phase I	80-0072	Université rurale (Colombie)
72-0126	Trypanosomiase (Guelph)	73-0032	Utilisation des légumineuses alimentaires (Saskatchewan)
73-0101	Trypanosomiase (Kenya) Phase I	72-0115	Utilisation des sous-produits (Guatemala) Phase I
74-0163	Trypanosomiase (Kenya) Phase II	74-0143	Utilisation des sous-produits (Guatemala) Phase II
71-0079	Tubercules alimentaires (Antilles) Phase I	80-0010	Utilisation du sorgho (Éthiopie)
75-0001	Tubercules alimentaires (Antilles) Phase II	80-0129	Utilisation du sorgho (Tanzanie)
79-0040	Tubercules alimentaires (Congo-Brazzaville)	78-0116	Utilisation du sorgho/millet/dolique (Haute-Volta)
74-0074	Tubercules alimentaires (Philippines)	79-0042	Utilisation du triticale (Kenya)
75-0041	Tubercules alimentaires (Cameroun) Phase I	74-0060	Valeur nutritive du manioc (Thaïlande) Phase I
77-0087	Tubercules alimentaires (Cameroun/IITA) Phase II	78-0026	Valeur nutritive du manioc (Thaïlande) Phase II

Tableau 2. Relevé financier de la SAAN.

	Cultures et systèmes culturaux		Zootechnie		Pêches		Foresterie		Systèmes post-production		Total	
	Affecta- tions (^{'000} \$)	Nombre de projets										
1971-1972	869	5	82	1	527	1	—	—	199	5	1 677	12
1972-1973	3 541	13	470	4	—	—	393	4	—	—	4 404	21
1973-1974	2 592	13	1 255	6	1 038	5	506	3	739	6	6 130	33
1974-1975	4 156	11	787	4	826	1	1 923	5	363	6	8 055	27
1975-1976	5 491	21	2 153	6	718	5	583	3	948	7	9 893	42
1976-1977	4 794	21	1 480	5	803	4	2 378	8	1 452	9	10 907	47
1977-1978	5 823	23	1 610	7	1 713	9	1 136	6	487	5	10 769	50
1978-1979	6 304	25	1 425	5	907	3	735	3	1 521	17	10 892	53
1979-1980	5 911	23	1 369	7	1 172	8	861	4	1 866	17	11 178	59
1980-1981 ^a	5 935	21	1 295	4	1 324	6	1 352	6	2 090	19	11 996	56

^aAu troisième trimestre de l'exercice financier.

Tableau 3. Nombre de projets de la SAAN et affectations cumulatives — au mois de décembre 1980 ('000 \$).

	Affectations (‘000 \$)	%	Nombre de projets	%
Programme				
Cultures et systèmes culturaux	45 741	53,3	176	44,1
Pêches	9 028	10,5	42	10,5
Zootechnie	11 925	13,9	49	12,2
Foresterie	9 674	11,2	42	10,5
Systèmes post-production	9 664	11,1	91	22,7
Total	86 032	100,0	400	100,0
Région				
Afrique	23 316	27,2	110	27,5
Asie	24 735	28,7	107	26,8
Moyen-Orient	12 997	15,1	50	12,5
Amérique latine et Antilles	20 264	23,6	92	23,0
Canada et pays industrialisés	4 720	5,4	41	10,2
Total	86 032	100,0	400	100,0

Tableau 4. Pourcentage de quelques variables du budget de la SAAN par rapport aux subventions totales, par région et par programme.

	Région						Programme				
	Tous les projets	Afrique	Asie	Amérique latine	Moyen-Orient et Afrique du Nord	Canada et pays industrialisés	Zootecnie	Cultures et systèmes cultureux	Pêches	Foresterie	Systèmes post-production
Fonds administrés par le Centre/subvention totale	29	38	27	21,6	30	11,6	25,5	24,4	37,4	37,8	32,5
Fonds administrés par le bénéficiaire/subvention totale	71	62	73	78,4	70	88,4	74,5	75,6	62,6	62,2	67,5
Consultations/subvention totale	3,5	4,5	3,7	3,6	4,4	0,6	3,7	1,6	8,2	6,7	5,4
Formation subvention totale	10,5	10,5	13,4	11,2	11,5	1,3	12,3	11	13,1	6,5	7,2
Biens d'équipement subvention totale	13	14	15	11,2	14,3	6,7	9,9	10	26,6	12,6	17,5
Traitements et indemnités/subvention totale	34	37	31,5	35,1	28,5	58,7	33,4	39	20,1	28,5	29,2
Déplacements/subvention totale	6,5	7	6,3	7	7,2	3,9	5,7	6,9	4	6,1	8
Frais de recherche subvention totale	19	18,5	18	19	19,2	17,3	21,7	16,7	15,8	29	20,4
Publications subvention totale	1,2	1,5	1,3	1,8	1,6	0,13	1	1,2	2,1	2,1	1,6
Imprévus/subvention totale	6,3	7	6,4	7,6	6,1	6,5	6,9	5,7	6,4	6,4	8,8
Valeur moyenne du projet supplément compris ('000 \$)	213	208	245	211	248	97	238	251	218	226	96
Durée moyenne du projet prorogation comprise (mois)	34	38	38	33	35	23	34,5	34	35,3	38,3	30,6

Annexe 2

Centres internationaux de recherches agricoles

- Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), Apartada Aéreo 6713, Cali (Colombie). (Principaux programmes de recherche : manioc, féverole, riz, pâturages tropicaux).
- Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT), Londres, 40, Mexico 6, D.F. (Mexique). (Principaux programmes de recherche : maïs, blé).
- Centre international de la pomme de terre (CIP) Apartado 5969, Lima (Pérou). (Principal programme de recherche : pomme de terre).
- Conseil international des ressources phytogénétiques (IBPGR), Unité de l'écologie agricole et des ressources génétiques, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Via delle Terme di Caracalla, 00100, Rome (Italie).
- Centre international de recherche pour les zones sèches (ICARDA) B.P. 114/505 Beyrouth (Liban). (Principaux programmes de recherche : systèmes culturaux, céréales, légumineuses alimentaires (y compris grosse fève, lentille, pois chiche), cultures fourragères).
- Centre international pour la recherche dans les zones tropicales semi-arides, (ICRISAT) 1-11-256, Begumpet, Hyderabad 500016, A.P. (Inde). (Principaux programmes de recherche : pois chiche, pois d'Angole, mil à chandelle, sorgho, arachide, systèmes culturaux).
- Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI), 1776 Massachusetts Avenue, N.W., Washington, D.C. 20036 (U.S.A.).
- Institut international pour l'agriculture tropicale (IITA), P.M.B. 5320, Ibadan (Nigeria). (Principaux programmes de recherche : systèmes culturaux, maïs, riz, tubercules et racines alimentaires dont patate douce, manioc, taro; légumineuses alimentaires comprenant niébé, pois du Cap, soja).
- Centre international de l'élevage pour l'Afrique (CIEA) B.P. 5689, Addis Abeba (Éthiopie). (Principal programme de recherche : zootechnie).
- Laboratoire international de recherche sur les maladies des animaux (LIRMA) B.P. 30709, Nairobi (Kenya). (Principaux programmes de recherche : trypanosomiase, theilériose).
- Institut international de recherches sur le riz (IRRI) B.P. 933, Manille (Philippines). (Principal programme de recherche : riz).
- Service international pour la recherche agricole nationale (SIRAN) B.P. 93375, 2509 AJ. La Haye (Pays-Bas).
- Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), E.J. Roye Memorial Building, B.P. 1019, Monrovia (Liberia). (Principal programme de recherche : riz).

Annexe 3

Publications de la SAAN de 1970 à 1980

***IDRC-004e**

Osmotic dehydration: a cheap and simple method of preserving mangoes, bananas and plantains. G.W. Hope and D.G. Vitale. Ottawa, 1972, 12p.

***IDRC-010e**

Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Barry Nestel and Reginald MacIntyre, editors. Ottawa, 1973, 162p.

***IDRC-015e**

Aquaculture in Southeast Asia: report of a seminar at the Freshwater Fishery Research Station, Malacca, West Malaysia, 17-25 April 1973. IDRC, Ottawa, 1973, 22p.

***IDRC-016e**

Consumer food utilization in the semi-arid tropics of Africa: report of an interdisciplinary workshop, Zaria, Nigeria, 30 April-4 May 1973. IDRC Ottawa, 1973, 16p.

***IDRC-017f**

Durabilité naturelle et préservation de cent bois tropicaux africains. Yves Fortin et Jean Poliquin. Ottawa, 1974, 143p. (Disponible en anglais, IDRC-017e).

***IDRC-020e**

Cassava utilization and potential markets. Truman P. Phillips. Ottawa, 1973, 183p.

IDRC-021e

Nutritive value of triticale protein. Joseph H. Hulse and Evangeline M. Laing. Ottawa, 1974, 183p.

***IDRC-022e**

Consumer preference study in grain utilization, Maiduguri, Nigeria. Jean Steckle and Linda Ewanyk. Ottawa, 1974, 47p.

IDRC-023e (revised edition)

Directory of food science and technology in Southeast Asia. E.V. Araullo, compiler. Ottawa, 1975, 267p.

IDRC-024e

Triticale: proceedings of an international symposium, El batan, Mexico, 1-3 October 1973. Reginald MacIntyre and Marilyn Campbell. Ottawa, 1974, 250p.

***IDRC-026e**

Food crop research for the semi-arid tropics: report of a workshop on the physiology and biochemistry of drought resistance and its application to breeding productive plant varieties, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 22-24 March 1973. Michael Brandreth. Ottawa, 1974, 16p.

*Disponible sur microfiche seulement.

***IDRC-029e**

International Development Research Centre programs in agriculture, fisheries, forestry and food science: reviewed at a symposium, Ottawa, 12 September 1973. IDRC. Ottawa, 1974, 55p.

***IDRC-031e**

Cassava processing and storage: proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 17-19 April 1974. É.V. Araullo, Barry Nestel, and Marilyn Campbell, ed. Ottawa, 1974, 125p.

***IDRC-033e**

Interaction of agriculture with food science : proceedings of an interdisciplinary symposium, Singapore, 22-24 February 1974. Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1974, 166p.

***IDRC-036e**

Current trends in cassava research. Barry Nestel. Ottawa, 1974, 32p.

***IDRC-040s**

Triticale : resúmenes de los ensayos presentados durante un simposio internacional, El Batán, México, 1 al 3 de octubre de 1973. CIID. Ottawa, 1975, 31p.

***IDRC-041e**

Stable tropical fish products : report on a workshop, Bangkok, Thailand, 8-12 October 1974. Marilyn Campbell. Ottawa, 1975, 27p.

IDRC-049e

The international exchange and testing of cassava germ plasm : proceedings of an interdisciplinary workshop held at CIAT, Palmira, Colombia, 4-6 February 1975. Barry Nestel and Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1975, 74p. (Disponible en espagnol, *IDRC-049s).

***IDRC-052e**

Tropical oyster culture : a selected bibliography. D.B. Quayle. Ottawa, 1975, 40p.

***IDRC-053e**

Rice : postharvest technology. E.V. Araullo, D. de Padua, and Michael Graham, ed. Ottawa, 1976, 396p.

***IDRC-055e**

Cowpeas : home preparation and use in West Africa. Florence E. Dovlo, Caroline E. Williams, and Laraba Zoaka. Ottawa, 1976, 96p.

***IDRC-057e**

Hidden waters in arid lands : report of a workshop on groundwater research needs in arid and semi-arid zones, held in Paris, France, 25 November, 1974. L.A. Heindl, ed. Ottawa, 1975, 18p.

***IDRC-058e**

Removing constraints to small farm production : the Caqueza project. H.G. Zandstra, K.G. Swanberg, and C.A. Zulberti. Ottawa, 1976, 32p. (Disponible en espagnol, *IDRC-058s).

IDRC-059e

Cassava : the development of an international research network. Barry Nestel and James Cock. Ottawa, 1976, 70p.

***IDRC-062f**

La récolte retrouvée : pour une gestion intégrée des récoltes, de la moisson à la consommation. D. Spurgeon. Ottawa, 1977, 36p. (Disponible en anglais, *IDRC-062e).

***IDRC-063e**

The international exchange and testing of cassava germ plasm in Africa : proceedings of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17-21 November 1975. Eugene Terry and Reginald MacIntyre, ed. Ottawa, 1976, 59p.

***IDRC-071e**

African cassava mosaic : report of an interdisciplinary workshop held at Muguga, Kenya 19-22 February 1976. Barry L. Nestel, ed. Ottawa, 1976, 48p.

***IDRC-076e**

Intercropping in semi-arid areas : report of a symposium held at the Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science, University of Dar es Salaam, Morogoro, Tanzania, 10-12 May 1976. J.H. Monyo, A.D.R. Ker, and Marilyn Campbell, ed. Ottawa, 1976, 72p.

IDRC-078s

Investigaciones en comunicacion para el desarrollo rural en América Latina : bibliografía. L.R. Beltrán S., G. Isaza V., F. Ramirez P. Bogota, 1976, 87p.

***IDRC-080e**

Proceedings of the fourth symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1-7 August 1976. J. Cock, R. MacIntyre and M. Graham, ed. Ottawa, 1977, 277p.

IDRC-084f

Les arbres dans l'aménagement des terres sous les tropiques : une solution à la faim. J.G. Bene, H.W. Beall et A. Côté. Ottawa, 1978, 53p. (Disponible en anglais, *IDRC-084e, et en espagnol IDRC-084s).

IDRC-086e

Theileriosis : report of a workshop held in Nairobi, Kenya, 7-9 December 1976. J.B. Henson, and M. Campbell, ed. Ottawa, 1977, 112p.

IDRC-089e

Agriculture, Food and Nutrition Sciences Division : the first five years. IDRC. Ottawa, 1977, 40p. (Disponible en espagnol *IDRC-089s).

***IDRC-091s**

Résumenes de los trabajos presentados durante el cuarto simposio de la Sociedad Internacional de Raíces Comestibles Tropicales celebrado en el CIAT, Cali, Colombia. 1-7 agosto 1976. J. Cock, R. MacIntyre, y M. Graham, ed. Bogota, 1977, 60p.

IDRC-094f

Des arbres et des hommes : description du programme de recherches forestières subventionnées par le Centre de recherches pour le développement international. C. Sanger, G. Lessard, et G. Poulsen. Ottawa, 1978, 52p. (Disponible en anglais, *IDRC-094e).

***IDRC-095e**

Cassava as animal feed : proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977. B. Nestel and M. Graham, ed. Ottawa, 1977, 147p.

***IDRC-096e**

Cassava bacterial blight : report of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 1-4 November 1976. G. Persley, E.R. Terry, and R. MacIntyre, ed. Ottawa, 1977, 36p.

***IDRC-101e**

Man and tree in tropical Africa : three essays on the role of trees in the African environment. G. Poulsen. Ottawa, 1978, 31p.

IDRC-107e

Caqueza : living rural development. H. Zandstra, K. Swanberg, C. Zulberti, and B. Nestel. Ottawa, 1979, 321p. (Casebound) (Disponible en espagnol, IDRC-107s).

IDRC-108e

Coffee pulp : composition, technology, and utilization. J.E. Graham and R. Bressani, ed. Ottawa, 1979, 95p. (Disponible en espagnol, *IDRC-108s).

IDRC-114e

Cassava harvesting and processing : proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. E.J. Weber, J.H. Cock, and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1978, 84p.

IDRC-115e

Fisheries and aquaculture in the People's Republic of China. G.I. Pritchard. Ottawa, 1980, 32p.

IDRC-120f

Les fermes de la mer : description du programme de recherches aquicoles subventionné par le Centre de recherches pour le développement international. B. Stanley, W.H. Allsopp et F. B. Davy, 1979, 40p. (Disponible en anglais, *IDRC-120e).

IDRC-121s

Mujer rural y desarrollo : nuevo enfoque de la educación del hogar en América Latina. E. Cebotarev. Bogota, 1979, 188p.

IDRC-123e

Sorghum and millet : food production and use : report of a workshop held in Nairobi, Kenya, 4-7 July 1978. S. Vogel and M. Graham ed. Ottawa, 1979, 64p.

***IDRC-124s**

La quinua y la kañiwa : cultivos andinos. CIID. Bogota, 1979, 228p.

IDRC-126e

Food legume improvement and development : proceedings of a workshop held at the University of Aleppo, Syria, 2-7 May 1978. G.C. Hawtin and G.J. Chancellor, ed. Ottawa, 1979, 216p.

IDRC-132e

Pathogenicity of trypanosomes : proceedings of a workshop held at Nairobi, Kenya, 20-30 November 1978. G. Losos and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1979, 216p.

IDRC-134e

Standardization of analytical methodology for feeds : proceedings of a workshop held in Ottawa, Canada, 12-14 March 1979. W.J. Pigden, C.C. Balch, and M. Graham, ed. Ottawa, 1980, 128p.

IDRC-135e

A partly annotated bibliography on infections, parasites, and diseases of African wild animals. L. Karstad. Ottawa, 1979, 111p.

IDRC-139e

Diseases of fish cultured for food in Southeast Asia : report of a workshop held in Cisarua, Bogor, Indonesia, 28 November-1 December 1978. B. Davy and M. Graham, ed. Ottawa, 1979, 32p.

IDRC-142e

Intercropping with cassava : proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 November-1 December 1978. E. Weber, B. Nestel, and M. Campbell, ed. Ottawa, 1979, 144p.

IDRC-143e

Food or famine : an account of the crop science program supported by the International Development Research Centre. A.D.R. Ker. Ottawa, 1979, 79p.

IDRC-145e

Polyphenols in cereals and legumes : proceedings of a symposium held during the 36th annual meeting of the Institute of Food Technologists, St. Louis, Missouri, 10-13 June 1979. J.H. Hulse, ed. Ottawa, 1979, 72p.

IDRC-146e

Food systems : an account of the postproduction systems program supported by the International Development Research Centre. R.S. Forrest, W. Edwardson, S. Vogel, and G. Yaciuk. Ottawa, 1979, 72p.

IDRC-151e

Cassava cultural practices : proceedings of a workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 17-21 March 1980. E.J. Weber, J.C. Toro M., and M. Graham, ed. Ottawa, 1980, 152p.

IDRC-152e

An end to pounding : a new mechanical flour milling system in use in Africa. P. Eastman. Ottawa, 1980, 64p.

IDRC-155e

Rattan : a report of a workshop held in Singapore, 4-6 June 1979. IDRC. Ottawa, 1980, 76p.

IDRC-158f

Le rôle des arbres au Sahel : compte rendu du colloque tenu à Dakar (Sénégal) du 5 au 10 novembre 1979. CRDI. Ottawa, 1980, 92p.

IDRC-159e

Bamboo research in Asia : proceedings of a workshop held in Singapore, 28-30 May 1980. G. Lessard and A. Chouinard, ed. Ottawa, 1980, 228p.

IDRC-TS1f

Transformation et utilisation des légumineuses alimentaires (application particulière aux pays en développement). A. Siegel et B. Fawcett. Ottawa, 1978, 63p. (Disponible en anglais, IDRC-TS1e).

***IDRC-TS2f**

Le projet de Maiduguri : mouture et utilisation des céréales et des légumineuses en Afrique de l'Ouest. CRDI. Ottawa, 1977, 15p. (Disponible en anglais, IDRC-TS2e).

IDRC-TS7e

Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. J.H. Hulse, K.O. Rachie, and L.W. Billingsley. Ottawa, 1977, 100p.

IDRC-TS21f

La reproduction provoquée chez les poissons : théorie et pratique. B.J. Harvey et W.S. Hoar. Ottawa, 1980, 48p. (Disponible en anglais, IDRC-TS21e, et en espagnol, IDRC-TS21s).

IDRC-TS17f

Les huîtres sous les tropiques : culture et méthodes. D.B. Quayle. Ottawa, 1981, 80p. (Disponible en anglais, IDRC-TS17e, et en espagnol, IDRC-TS17s).

Annexe 4

Autres documents publiés par le personnel de la SAAN

Allsopp, W.H.L.

"African fisheries: their problems and opportunities and their role in the Sahelian famine/Problèmes et perspectives de la pêche en Afrique: son rôle dans la famine au Sahel" — Préparé pour les Nations Unies, New York, N.Y. Juillet 1974. ST/SSO/30-74-28185 ST.

"Management strategies in some problematic tropical fisheries" — Publié *in* *Unifying Concepts in Ecology*, éd. van Dobben, W.H. et Lowe-McConnell, R.H., The Hague, Junk B.V., 1975, p. 252-262.

"Problems and perspective of tropical Fisheries" — Paru dans 'The Melanesian Environment', compte rendu du séminaire de Waigini, éd. J.H. Winslow, Australian National University Press, Canberra, 1975, p. 222-235.

"The utilization of the by-catch of fish from shrimp trawling in tropical areas — Préparé pour la Conférence sur la manutention, le traitement et la commercialisation des poissons tropicaux, Londres, du 5 au 9 juillet 1976. Publié dans le compte rendu de la Conférence.

"Self-managed development — Entrevue du CRDI pour Étude des institutions démocratiques. Publié *in* 'World Issues', déc. 1977-janvier 1978.

"Some fisheries options for food supply increase in the Caribbean Atlantic" — Présenté à un symposium Interciencia sur les sciences marines dans les Amériques. Paru dans 'Interciencia', février 1978.

"Ecological aspects of cage culture of fish" — Document de travail présenté au séminaire sur les cages flottantes et parcs en filet, SEAFDEC/CRDI — Tigbauan, Iloilo (Philippines), du 12 au 21 février 1976, 20 p. (miméo).

Araullo, E.V.

"Post-harvest rice technology (Southeast Asia)" — Publié *in* 'Rice Report 1975' éd. Barber, S., Mitsuda, H., Desikachar R. Groupe de travail sur l'utilisation du riz, IUFOST. Instituto Agroquimica y Tecnologia de Alimentos, Valencia, Spain.

Daniels, W.D., MacCormac, C. et Hulse, J.H.

"Collaboration in agricultural research" — Présenté aux économistes agricoles, Université de Guelph, 15 août 1977. Publié *in* 'Canadian Journal of Agricultural Economists', août 1977.

Dogget, Hugh

"The Improvement of sorghum in East Africa" — Communication présentée à un colloque sur le 'Sorghum in the Seventies', Hyderabad (Inde), octobre 1971. Publié *in* 'Sorghum in the Seventies', éd. Rao House, Oxford and IBH, 1972.

"Breeding for resistance to sorghum shoot-fly in Uganda" — Présenté à un colloque sur la lutte contre la mouche de la tige du sorgho, Hyderabad (Inde), novembre 1971. Publié *in* 'Control of Sorghum Shoot-fly', éd. Jotwani and Young, Oxford and IBH, 1972.

"Recurrent selection in sorghum populations" — Publié in 'Heredity', London, vol. 28, n° 1, février 1972.

"International aspects of sorghum research" — Avant-propos du compte rendu du quatrième colloque sur les céréales de l'Afrique de l'Est, éd. Tecwyn, Jones, East African Agricultural and Forestry Journal, Nairobi, vol. 39, n° 6, juin 1973.

"New direction in world cereals research: crops of the semi-arid tropics" — Présenté à un symposium parrainé par l'American Association of Cereal Chemists et le CRDI, Montréal, 22 octobre 1974. Publié in 'AACC Journal', octobre 1974.

"Progress in breeding for quality protein in other cereals" — Communication présentée à une conférence du CIMMYT sur la sélection des céréales en vue de l'amélioration des protéines, Mexico, 4-8 décembre 1972. Publié in 'High Quality Protein Maize', éd. Dowden, Hutchinson et Ross, 1975.

"The history of the sorghum crop" — Chapitre dans 'Crop Plant Evolution', éd. Simmons et Longmans, 1975.

"Quality improvement in sorghum and millets" — Préparé pour la Conférence de l'Association internationale de la chimie céréalière, Vienne, 11 mai 1976. Publié dans le compte rendu de la Conférence paru en 1976.

"Sorghum bicolor (Gramineae, Andropogoneae)" — Publié in 'Evolution of Crop Plants', éd. Simmons, N.W., 1976.

Doggett, Hugh et Majisu, B.N.

"Fertility improvement in autotetraploid sorghum" — Publié in 'Euphytica', 1972.

"The yield stability of sorghum varieties and hybrids in the East African environments" — Paru dans 'East African Forestry Journal', 1972.

Forrest, R.S.

"Coordination of post-production systems in semi-arid Africa" — Publié in 'Rapport du colloque régional sur les pertes post-récolte', Secrétariat du Commonwealth, Division de la production alimentaire et du développement rural, 1977, p. 65-74.

Hulse, J.H.

"Increasing food by reducing waste" — Présenté au 3^e Congrès international des sciences et techniques alimentaires SOS/7, Washington, D.C., 9-14 août 1970. Paru dans le compte rendu du Congrès, 1970.

"Nutritional management" — Présenté à la Société de nutrition du Canada, Toronto, juin 1971. Publié par la Société en 1971.

"The purpose and objectives of IDRC" — Présenté à l'Institut des sciences et techniques alimentaires (Royaume-Uni) 17 février 1972. Paru dans le Journal de l'Institut en 1972.

"The relevance of food aid and food research in international development" — Communication présentée à la Société de l'Industrie chimique. Leeds (Angleterre), 11 juillet 1972. Paru dans 'Chemistry & Industry', 20 janvier 1973.

"The household scientists in international development" — Présenté à la Faculté des sciences domestiques, Université de Toronto, 11 novembre 1972. Paru dans le 'Canadian Home Economics Journal', vol. 23, n° 2, avril 1973.

"Development and evaluation of new proteins" — Discours de clôture d'un symposium présidé par l'auteur sur la contribution de la chimie à l'approvisionnement alimentaire Hambourg (Allemagne occidentale) du 20 au 31 août 1973. Paru dans 'The contribution of Chemistry to Food Supplies', août 1973.

"Triticale and developing nations. Triticale: first man-made cereal" — Présenté au Symposium de l'AACC, Saint Louis, Missouri, 5 novembre 1973. Paru dans 'American Association of Cereal Chemists Inc.', 1974, p. 2-8.

"Contre la faim dans le monde : le projet triticale" — Paru dans 'La recherche', Paris, vol. 5, n° 42, février 1974, p. 188-190.

"Research and development in advanced countries and transfer of results for industrial development to developing countries" — Présenté au IVE Congrès international des sciences et techniques alimentaires, Madrid (Espagne), 26 septembre 1974. Paru dans le compte rendu.

"Les propriétés du triticale" — Article paru dans 'Encyclopedia Universalis', (France), le 30 septembre 1974, p. 425-429.

"The new miracle grain-triticale: la nouvelle céréale miracle" — 5 juillet 1974. Paru dans 'Cooperation Canada', n° 16, septembre octobre 1974, p. 18-22.

"The protein enrichment of bread and baked products" — Paru dans 'New Protein Foods', vol. 1A, éd. Althud, Aaron M., Academic Press Inc., 1974, p. 156-230.

"Problems of nutritional quality of pigeon pea and chick-pea and prospects of research" — Présenté au Colloque d'ICRISAT sur les légumineuses à graines (Indes), 13-15 janvier 1975. Paru dans le compte rendu de la réunion.

"Food processing problems and potential" — présenté à la Conférence d'INCAP tenu à Guatemala, le 3 décembre 1974. Paru dans 'Nutrition and Agricultural Development — Significance and Potential for the Tropics', éd. Scrimshaw, N.S. et Behar, M., Plenum Publishing Corp., 1976, p. 215-233.

"Protein methods for cereal breeders as related to human nutritional requirements" — Paru dans 'Advances in Cereal Science and Technology', éd. Pomeranz, Y., AACC, 1976. Chapitre rédigé par le Groupe de travail UN-PAG des méthodes protéiques pour les sélectionneurs de céréales.

"Research management" — Présenté à la réunion du personnel de la SAAN en mars 1976. Publié in 'Agricultural Research Management', vol. II, SEARCA, 1977.

"The international agricultural research system" — Présenté à la Société Royale du Canada, 23 août 1977. Publié par la Société.

"Post-harvest systems" — Entrevue publiée dans 'CERES' nov.-déc. 1977.

"Food research — for whose benefit?" — Principal discours de la 21^e Conférence de l'Institut canadien des sciences et techniques alimentaires tenue à Edmonton, 25-28 juin 1978. Publié in 'CIFST Journal', octobre 1978, p. A93-A96.

"The food scientist in international development" — Discours prononcé à la conférence annuelle de l'Institut australien des sciences et techniques alimentaires tenue à Melbourne (Australie) en mai 1978. Paru dans 'Food Technology in Australia', septembre 1978, p. 354-358.

"Human implications of protein utilization" — Communication présentée au Symposium international pour l'utilisation des protéines, 13-16 août 1978, Université de Guelph, Ont. Publiée in 'Utilization of World Protein Resources', Food and Nutrition Press Inc., 1981, 33 p. (miméogr)

"Research and post-production systems" — Présenté au symposium international sur les découvertes en système de production alimentaire pour les régions arides et semi-arides, (KOWEIT) 19 au 23 mai 1980. Paru dans 'Advance in Food-Producing Systems for Arid and Semi-Arid Lands', Part B, Academic Press, 1981.

"World food resources: an overview" — Communication présentée à titre d'invité au 4^e Symposium de l'Australian Academy of Tech. Sciences, 21 octobre 1980. Publié in 'Food Resources of Australia', AATS, 1981.

Hulse, J.H. et Daniels, W.D.

"Economics of transfer" — Présentée au IV^e Congrès de l'hémisphère occidental sur la nutrition, Floride, 20 août 1974. Paru dans 'Life Newsletter', sept. 1974 et dans le compte rendu du Congrès, éd. White, Philip L. et Selvey, Nancy., Publishing Sciences Group, Inc., Acton Press, Mass., 1975. Copyright 1975 by the American Medical Association, p. 271-277.

Hulse, J.H. et Fawcett, B.D.

"Nutritionally fortified cereals foods" — Présenté au 5^e Programme international de l'industrie céréalière, Institut canadien international des céréales, Winnipeg, Manitoba, 17 septembre 1975. Publié par l'Institut en 1975.

Hulse, J.H., Fawcett, B.C. et Daniels, W.D.

"Protein supplements — world production and trade" — Présenté au symposium sur les cultures des plantes légumineuses et oléagineuses, Université du Manitoba 2-23 mai 1975. Paru dans 'Oilseed and Pulse Crops in Western Canada — A Sympo-

sium', éd. Harapiak, John T., Calgary: Western Cooperative Fertilizers Ltd., 1975, p. 1-60.

Hulse, J.H., Laing, E.M. et Pearson, O.E.

"The composition and nutritional value of sorghum and the millets", Academic Press, 1981.

Hulse, J.H. et Pearson, O.E.

"How nutrition priorities can be integrated into crop improvement programs" — Présenté au XI Congrès international de la nutrition tenu à Rio de Janeiro (Brésil), 27 août-1er septembre 1978. Publié in 'UNU Food and Nutrition Bulletin' vol. 2, n° 1, janvier 1980 et dans 'Nutrition and Food Science Series'. Compte rendu au Congrès, vol. 2. Plenum Press.

Hulse, J.H. et Scott, R.E.

"Can the people of the world be fed? What is Canada's role?" — Publié in 'Canada's Role in Feeding the People of the World', rapport de la Conférence, Club of Guelph, 1977.

Hulse, J.H. et Spurgeon, D.

"Triticale" — Publié in 'Scientific American', vol. 231, n° 2, août 1974, p. 72-80.

Ker, A.D.R., Moorse, M.W., Watts, E.R. et Gill, B.N.

"Agriculture in East Africa: an introduction to principles and practices" — éd. Edward Arnold Ltd., Londres, 1978, 218 p.

Kishk, F. et alii.

"Hydrolysis of methylparathion, insecticide, in soils" — Paru dans 'Journal of Agricultural Food Chemistry', 24 (2), mars-avril 1976, p. 305-307.

"Methylparathion hydrolase activity in some Egyptian soils and fractions" — Publié in 'Alexandria Journal of Agricultural Research', vol. 24, 1976, p. 435-440.

"Mineralogical and chemical composition of the clay fraction of some Nile alluvial soils in Egypt" — Paru dans 'Chemical Geology', 17 (4), 1976, p. 295-305.

"Agronomic and quality performance of different wheat varieties and their response to micronutrient fertilizer application" — Publié in 'Alexandria Journal of Agricultural Research', 19 mars 1977.

"Mineral element composition of perennial vegetation in relation to soil types in the northeastern corner of the western desert of Egypt" — Paru dans 'Botanical Gazette', Chidaco, (E.-U.), juin 1977.

"Adsorption of methylparathion by soils" — Paru dans 'Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology', 22 (6), 1979, p. 733-738.

"Ion and solvent selectivity of zeolite A in mixed media. An extension of the GIBBS-Donnan model" — Paru dans 'Journal of Physics and chemistry', 83 (21), 1979, p. 2743-2751.

"Sorption-desorption characteristics of methylparathion by clays." — Publié in 'Archives of Environmental Contamination and Toxicology', 8 (6), 1979, p. 637-645.

Nestel, B.L.

"The dilemma of Caribbean agriculture" — Présenté au séminaire de OCPLACS tenu à l'université de Guelph, 6 mars 1971. Reproduit in 'Estelas', vol. 1, 1971, p. 9-12.

"The veterinarian in Latin America" — Présenté à la réunion de l'Association des médecins vétérinaires du centre de l'Ontario, Brockville, 2 octobre 1971.

"Economics aspects of animal production in developing countries" — Présenté à la Troisième conférence mondiale sur la production animale, tenue à Melbourne (Australie), 23-29 mai 1979. Publié dans le compte rendu de la conférence.

"Cassava — a crop with a future?/Après le blé et le riz — le 'Manioc miracle'?" — Publié in 'Cooperation Canada', ACIDI, Ottawa, n° 13, mars-avril 1974, p. 9-16.

"World animal production and feed supplies" — Discours d'ouverture de la Conférence internationale sur les fourrages d'origine tropicale et subtropicale, Insti-

tut de produits tropicaux, Londres, avril 1974. Publié dans le compte rendu de la conférence.

"Battling to fill 4 billion bellies" — Paru dans le 'Sunday Times', Londres, juillet 1974, p. 63-64.

"Agricultural research as a component of foreign aid" — Invité d'honneur d'un panel de la Société australienne de radiodiffusion, 1^{er} décembre 1975. Publié par 'ABC Sydney', Australie.

"World cassava research — a review" — Conférence prononcée à l'Institut central de recherche sur les tubercules, Trivandrum (Inde), 23 septembre 1975. Paru dans le Journal of root crops, vol. 2, 1976, p. 10-13.

Nestel, B.L., Pratt, D.J., Thome, M. et Tribe, D.E.

"Animal production and research in tropical Africa" — Rapport de la mission envoyée par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale, Washington, 1972.

Scott, R.B. et Hulse, J.H.

"Can the people of the world be fed? What is Canada's role?" — Présenté à la 4^e réunion du Club de Guelph, 6 novembre 1976. Publié par K.W. Hammond, 'Club de Guelph', 1977 et reproduit par CIFST Journal, vol. 10, n^o 4, 1978.

Siegel, Alvin

"Stabilization of anthocyanins in frozen tart cherries by blanching" — Publié in 'Journal of Food Science', 1971.

Siegel, A., Bhumiratana, A. et Lineback, D.R.

"Development, acceptability and nutritional evaluation of high-protein soy-supplemented rice noodles for Thai children" — Publié in 'Cereal Chemistry' Novembre-décembre 1975, vol. 52, n^o 6, par l'American Association of Cereal Chemists, Inc., p. 801-812.

Weber, E.J.

"Program thrusts of the IDRC toward accelerating agricultural development" — Présenté au colloque international de SEARCA sur le développement agricole accéléré, Los Baños (Philippines), 26-30 avril 1976.

"The Inca's ancient answer to food shortage, Chenopodium quinoa, field crop" — Publié in 'Nature', 272 (5653), 486, 1978.

Yaciuk, Gordon

"Méthodologie de l'enquête sur la technologie post-récolte en milieu paysan — résultats et discussions des résultats" — Publié par 'l'Institut sénégalais de recherches agronomiques', Dakar (Sénégal) juillet 1977.

"L'approche systémique pour la technologie post-récolte au Sahel" — Extrait de 'L'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest', Paris, Agence de coopération culturelle et technique, 1980.

"L'approche systémique pour la technologie post-récolte au Sahel" — Document présenté au séminaire de l'Institut de Sahel/ACCT/GASGA, Bamako, avril 1979, 23 p. miméo (21 p. Annexe).

Yaciuk, Gordon, Muir, W.E. et Sinha, R.N.

"Effects on temperature and insect and mite populations of turning and transferring farm-stored wheat" — Publié in 'Canadian Agricultural Engineering', vol. 19, n^o 1, juin 1977.

"Climate in relation to deterioration of stored grain, a multivariate study" — Publié dans 'Oecologia', 12 (1), 1973, p. 69-88.

"A simulation model of temperatures in stored grain" — Paru dans 'Journal of Agricultural Engineering Research', 20 (3), p. 245-258.



CANADA