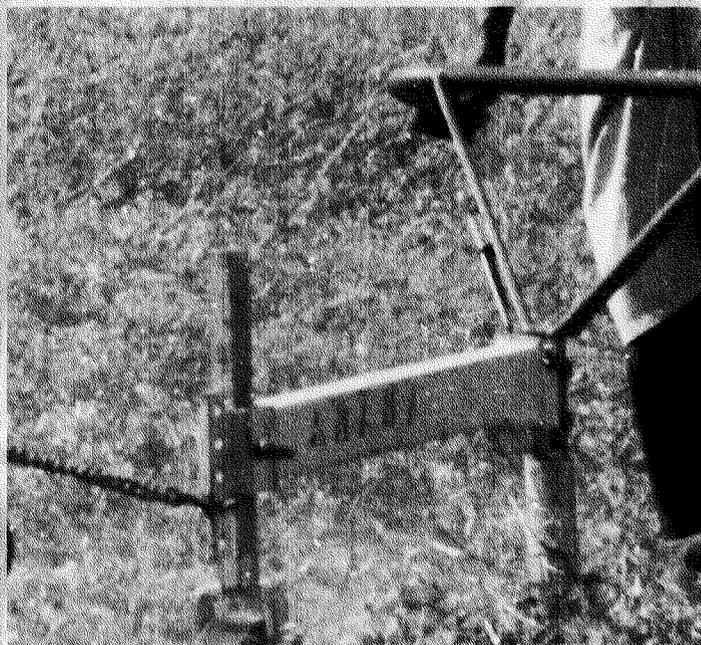


■ AUTREFOIS L'AGRONOMIE

# L'Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières 1960-1984

Tome 2



**L'Institut de recherches  
agronomiques tropicales  
et des cultures vivrières  
1960-1984**

Tome 2

*Couverture : multiculteur Arara, Bambey, Sénégal. (© CIRAD)*

La collection Autrefois l'agronomie publie des témoignages et des analyses ayant trait au passé de l'agronomie tropicale française. Elle a pour objet essentiel l'information des agents du CIRAD. Les propos tenus n'engagent que leurs auteurs.

© CIRAD 2003  
ISBN : 2-87614-535-9

# Sommaire

## Tome 2

### Le milieu naturel

L'agronomie (Nicou R.) .....	9
Les héritages .....	10
De 1960 à 1969 .....	13
De 1970 à 1974 .....	20
De 1975 à 1984 .....	25
Conclusion .....	36
L'étude des sols, la pédologie (Kilian J.) .....	39
L'agronomie et la pédologie avant l'IRAT .....	39
L'étude des sols et la pédologie à l'IRAT .....	40
La bioclimatologie (Robert Nicou) .....	51
Le développement des recherches .....	52
Conséquences et applications .....	56
Les perspectives de la bioclimatologie .....	58
L'hydraulique et l'irrigation (Tran Minh D.) .....	61
De 1963 à 1973 .....	61
De 1973 à 1985 .....	63
De 1985 à 1990 : informatisation, modélisation et milieu paysan .....	68
Conclusion .....	69

### Les systèmes de production

La défense des cultures (Delassus M., Chatenet M., Vercambre B., Brenière J., Deuse J., Mauboussin J.C.) .....	75
La phytopathologie .....	75
L'entomologie .....	79
L'acridologie .....	82
La phytopharmacie .....	86
La lutte contre le striga .....	87

La mécanisation (Le Moigne M.) .....	89
L'état des lieux en Afrique francophone .....	91
Le Sénégal .....	93
La Côte d'Ivoire .....	116
Madagascar .....	128
Les autres actions de recherche .....	133
<b>Les travaux zootechniques (Le Moigne M.) .....</b>	<b>149</b>
La création d'un service spécialisé à Bambey (Sénégal) .....	149
Le dispositif .....	150
L'amélioration des races bovines, .....	151
L'alimentation des bœufs de trait .....	152
L'impact des travaux .....	153
<b>La valorisation énergétique (Farinet J.L., Forest F.) .....</b>	<b>157</b>
Les premières recherches sur le biogaz.....	157
Les débuts de la filière Transpaille-biogaz-compost .....	159
<b>La transformation des produits (Miche J.C., Le Moigne M.) .....</b>	<b>163</b>
Les recherches .....	163
Le laboratoire de technologie des céréales de Montpellier .....	167

## **La recherche-développement**

L'économie (Benoit-Cattin M.) .....	175
Le service des études économiques .....	175
De l'agronomie-système à l'agro-économie .....	176
De l'agro-économie à la socio-économie .....	177
Une école de pensée est née .....	178
L'exploitation et sa gestion .....	179
L'intégration dans les systèmes agraires .....	179

### **Du thème au système, de l'application à la vulgarisation**

(Tourte R., Nicou R., Marquette J.) .....	181
Un préambule, un dessein, une doctrine? .....	182
A la rencontre du producteur .....	184
La méthodologie de la recherche-développement .....	189
Les sources de la recherche-développement .....	191
La grande mutation des années 50 :	
de la vulgarisation au développement .....	192
Quelques expériences pionnières .....	194
La contribution à la recherche-développement .....	197
Le Département systèmes agraires du CIRAD .....	210

<b>Adieu l'IRAT (Tourte R.) .....</b>	<b>215</b>
---------------------------------------	------------

## **Sommaire du tome 1**

Préface (Bour F.)

Gratitudes (Tourte R.)

### **Historique général**

Avant l'IRAT (Borget M., Celton J., Tourte R.)

L'IRAT, vingt-cinq ans (Tourte R., Borget M., Celton J., Tufféry R.)

L'IRAT et les CIRA (Charreau C.)

L'entreprise IRAT (Marty T., Tran Minh N., Emsi E., Arnaud M., Nabos J., Pelage J.)

### **Les activités par plantes**

Le riz (Jacquot M.)

Le maïs (Rouanet G.)

Le mil, le sorgho, le blé et l'orge (Chantereau J., Nabos J., Poisson C., Rouanet G.)

L'arachide, le soja et les légumineuses diverses

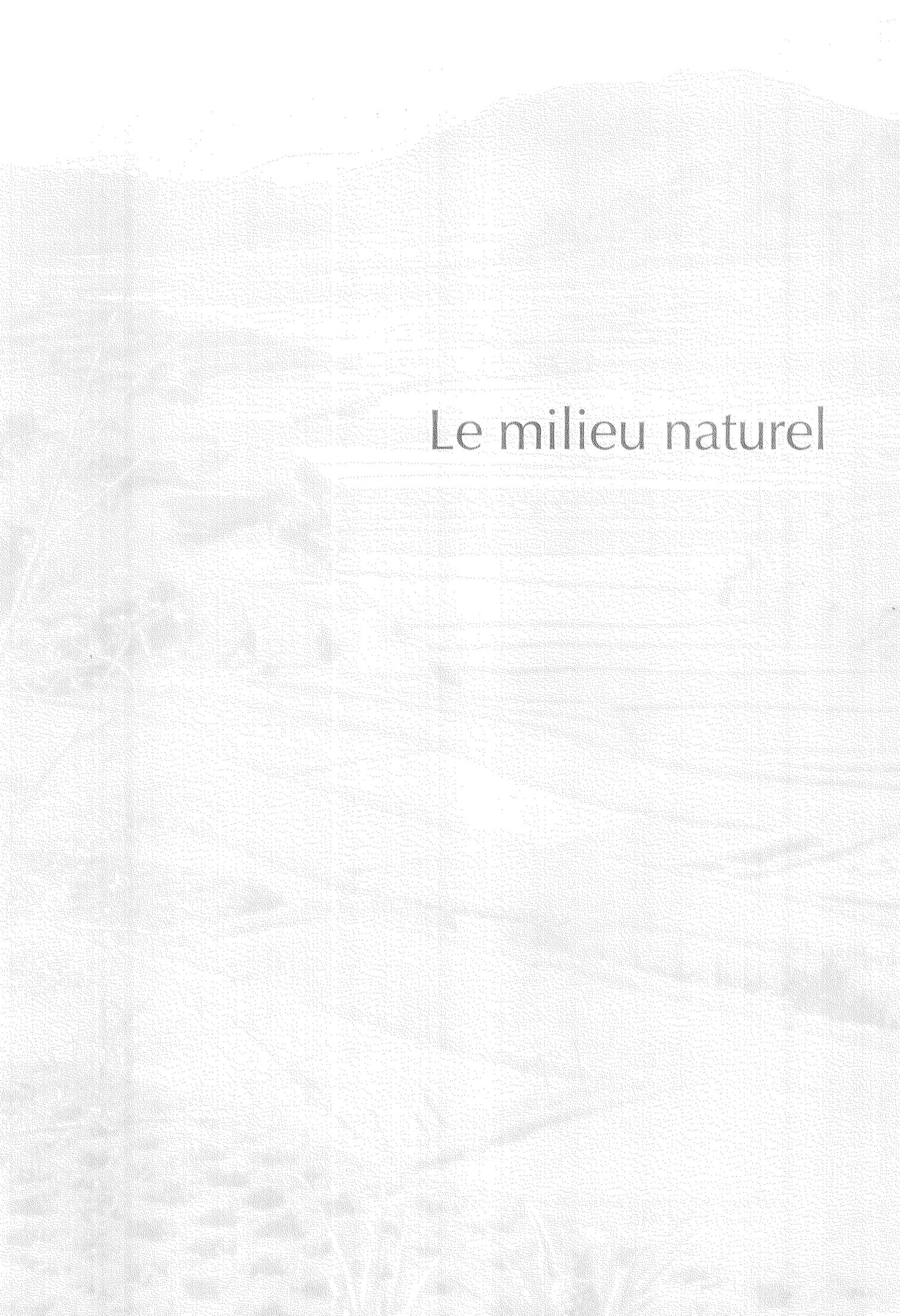
(Mauboussin J.C., Marquette J., Larcher J., Saint-Macary H., Nabos J.)

Les tubercules et les racines (Pouzet D., Marquette J., Dumont R., Vandevenne R.)

Les plantes sucrières (Fauconnier R., Derevier A., Baudin P.)

Les cultures légumières et fourragères et les plantes de couverture (Soitout M., Borget M.)

Les autres plantes (Celton J., Tran Minh N., Hoarau M., Demarne F.)

The background of the page is a grayscale halftone image of a landscape. It shows rolling hills and a valley, with a prominent ridge in the foreground. The texture is composed of small dots of varying sizes, creating a sense of depth and shading. The overall tone is light and airy.

# Le milieu naturel



# L'agronomie

Lors de la création de l'IRAT, le sigle du nouvel institut n'est pas choisi au hasard. S'il apparaît nécessaire de disposer d'un institut de recherche appliquée au développement des cultures vivrières, il s'avère, dès le départ, que les recherches en agronomie générale doivent entrer dans la vocation de ce nouvel institut, héritier d'une bonne part des hommes, des objectifs et des structures de la recherche agronomique à vocation générale des anciens territoires de l'Union française.

Un même terrain est, en effet, le plus souvent amené à produire alternativement cultures d'exportation (cotonnier, arachide, etc.) et cultures vivrières (mil, sorgho, maïs, etc.), ou à porter des cultures en association. Dans de tels systèmes agricoles se posent des problèmes communs à toutes ces cultures et au milieu naturel (sol, climat). Ces problèmes sont qualifiés d'agronomie générale parce qu'ils ne sont pas spécifiques d'une plante déterminée, ou parce qu'ils requièrent un travail de synthèse entre les données de production et plusieurs espèces végétales.

En s'appuyant sur une série de réflexions et d'expérimentations qui mettent en évidence la possibilité d'obtenir des rendements agricoles économiquement significatifs, la création de l'IRAT manifeste la conviction que les zones soudano-sahéliennes, tropicales et équatoriales peuvent connaître une productivité comparable à celle des pays tempérés. De cette conviction découle, pour l'IRAT, celle d'être un instrument de recherches intégrées qui n'aborde pas seulement les problèmes des différentes cultures spécifiquement et individuellement, mais les replace dans leur contexte écologique, avec le jeu des facteurs sur lesquels l'homme peut influencer (fertilisation, travail du sol, rotation).

Après consultation d'éminentes personnalités scientifiques, plusieurs définitions de l'agronomie générale sont retenues pour mieux cerner la vocation

de l'IRAT. L'agronomie générale concerne tout ce qui n'est pas spécifique d'une seule plante, notamment :

- l'étude du sol en vue de l'équilibre de la fertilité, de sa protection contre l'érosion ;
- l'étude du travail du sol et des réactions du sol à ce travail ;
- l'étude de la circulation de l'eau dans le sol.

Elle est aussi la synthèse des données et des solutions des problèmes techniques et scientifiques procédant simultanément de plusieurs disciplines appliquées au milieu naturel physique et biologique, en vue de la mise en condition des productions agricoles dans ce milieu. On voit apparaître les notions de simultanéité et de synthèse, donc d'interaction. L'agronomie générale doit également traiter des problèmes d'analyse agronomique régionale, afin de déceler les freins agronomiques au développement agricole et de définir les programmes à entreprendre pour supprimer ces freins. L'analyse agronomique est donc essentielle. Ses résultats doivent être comparés à l'exposé des objectifs du développement agricole.

Un thème de recherche peut imposer au chercheur de comprendre les mécanismes chimiques, biologiques, physiologiques... des phénomènes qu'il étudie. Les recherches appliquées sont donc amenées à avoir recours à des travaux scientifiques plus fondamentaux, où la simple finalité économique disparaît ou se trouve masquée. La compréhension des phénomènes et de leur déterminisme n'est pas pour la recherche agronomique un objectif en soi, purement cognitif, mais plutôt une condition et une méthode d'obtention de résultats pratiques.

La vocation de l'IRAT en matière d'agronomie générale, mais aussi le vaste domaine que constitue l'agronomie, sont donc clairement établis. Il est nécessaire de disposer d'une recherche agronomique appliquée au développement mais soucieuse d'une explication scientifique des phénomènes et faisant appel à des recherches de base.

## Les héritages

Lors de sa création, l'IRAT se voit confier la responsabilité d'équipes de chercheurs ayant déjà œuvré dans les centres fédéraux de l'A-OF (Bambey), de l'A-EF (Boukoko), de Madagascar, dont certains sont, en 1960, rattachés à l'ORSTOM. D'autres chercheurs se trouvent dans des stations plus isolées de ces mêmes territoires. Les résultats obtenus par ces chercheurs sont intéressants et ils constituent un apport de départ important pour la future équipe d'agronomes de l'IRAT.

### Le Centre de recherches agronomiques de Bambey (Sénégal) avant 1960

A la suite d'essais préliminaires réalisés dès 1947 par Serge Bouyer et Louis Sauger dans le cadre de la station de Bambey (alors siège du secteur soudanais de recherches agronomiques et organisme fédéral de l'Afrique occidentale sahélo-soudanienne), René Tourte entreprend l'étude systématique des combinaisons NPK dans leurs effets sur les cultures d'arachide et de mil. Pendant plusieurs années, d'abord au Sénégal, puis dans d'autres situations géographiques de l'A-OF, le même dispositif et les mêmes traitements sont reproduits. Ces essais mettent en évidence le grand intérêt des engrais miné-

raux. L'acide phosphorique se révèle vite comme le facteur limitant principal de la fertilisation minérale. Pour l'arachide et le mil, des formules NPK à la dose de 100 à 150 kg/ha, adaptées aux diverses situations agroécologiques du Sénégal, sont proposées au développement.

Cependant, René Tourte et les agronomes de Bambey (Paul Bonfils, Serge Bouyer, Léon Collot, Jacques Faure, Jean Fauché, Philippe Gaudefroy-Demombynes, Jean Ginouvès, Jean Pélissier) ont déjà à l'esprit que l'amélioration de l'agriculture sénégalaise et ouest-africaine passe par une modification profonde des propriétés du sol. L'utilisation de la fumure minérale doit s'inscrire dans un système de culture permettant au sol de conserver ou d'acquérir des qualités physiques suffisantes (présence de matière organique, en particulier). Le travail du sol et la fumure organique doivent, autant que faire se peut, précéder ou tout au moins accompagner la fumure minérale<sup>1</sup>.

La politique de l'engrais doit être subordonnée à une politique plus générale, à objectifs lointains mais durables, d'amélioration de l'agriculture sahélo-soudanienne. Les agronomes invitent les développeurs à adopter une vision à long terme. On parle d'améliorations foncières permettant de transformer le milieu de manière à le rendre plus productif.

Ces améliorations foncières appellent le phosphatage de fond, à partir des phosphates naturels produits au Sénégal, pour redresser la carence généralisée des sols en phosphore. Elles proposent le travail du sol avec enfouissement de matière organique (engrais vert à l'époque), pour créer une structure, faciliter la pénétration des racines, l'assimilation des éléments minéraux et la circulation de l'eau.

Les études entreprises dans ces domaines ne concernent pas uniquement le Sénégal. Elles sont décentralisées dans les stations de recherche agricole de l'A-OF qui dépendent de Bambey, centre fédéral : Katibougou et M'Pesoba au Mali, Saria et Farako-Bâ en Haute-Volta, Tarna au Niger, Ferkessedougou dans le nord de la Côte d'Ivoire et Ina dans le nord du Dahomey.

On voit donc poindre, en Afrique de l'Ouest, une école d'agronomes soucieux de ne pas privilégier la productivité immédiate aux dépens du milieu, mais désireux de transformer complètement ce milieu de manière à le rendre plus productif à long terme.

On parle à l'époque de mil et d'arachide au Sénégal, mais aussi, ailleurs, de sorgho, de maïs, de riz. Très vite, on s'aperçoit que la diversification des cultures rend indispensable la transformation du milieu en profondeur : elle ne peut se satisfaire de saupoudrage minéral pour être attractive aux yeux du cultivateur.

### L'agronomie générale à l'IRAM avant 1960

Le service de recherche agronomique est créé à Madagascar, en 1950. Il réunit les stations de recherche les plus importantes, déjà présentes dans les diverses régions de l'île, et coordonne les activités sous une seule direction.

---

1. TOURTE R., GAUDEFROY-DEMOMBYNES P., FAUCHÉ J., 1954. Perfectionnement des techniques culturales au Sénégal. *Annales du CRA de Bambey*, p. 3-112.

**Stations de recherche à Madagascar**

Station	Zone climatique	Activités principales
Alaotra	Tropicale d'altitude	Station centrale : riz, manioc, arachide
Marovoay	Tropicale	Riz, canne à sucre, fruitiers tropicaux
Mangoky	Tropicale sèche	Cotonnier, sisal, fourrages, cultures vivrières
Tuléar-Betanimena	Tropicale très sèche	Cotonnier, maïs, pois du Cap, fruitiers
Bealariana	Tropicale humide	Cultures vivrières, fourrages, caféier
Ivoina	Tropicale humide	Vanillier, poivrier, caféier
Antalaha	Tropicale humide	Vanillier

La station du lac Alaotra effectue les recherches fondamentales, établit les plans d'étude et de recherche des autres stations. Elle centralise les résultats et les analyses. Les stations agricoles sont chargées d'étudier les procédés culturaux propres à chaque climat et d'expérimenter le matériel reçu de la station centrale ou de l'extérieur.

Les principales réalisations en amélioration du milieu, entre les années 50 et 60, sont le fait d'une équipe, déjà importante, d'agronomes : Jean Celton, Gilbert Cours, Robert Dufournet, Jacques Grémillet, Jacques Marquette, Pierre Roche, Jacques Velly.

Des recherches sont menées en laboratoire et débouchent sur l'élaboration de méthodes colorimétriques rapides pour l'analyse des sols, ainsi que sur l'adoption du diagnostic foliaire avec la mise au point d'une méthode d'analyse précise et rapide. Son application au manioc est longue mais permet de faire ressortir une carence en potassium dans la région Alaotra-Moramanga. Appliquée au riz, la technique du diagnostic foliaire montre une liaison étroite entre teneur de la feuille en azote et rendement.

Des études agronomiques sur différents types de sols, représentés dans les diverses stations agricoles, portent leurs fruits. D'une façon générale, des apports importants de fumier de ferme ou des enfouissements massifs d'engrais verts sont nécessaires pour accroître de façon notable les teneurs du sol en matière organique. Sur alluvions jaunes et sur argile latéritique, les fumures organiques ont tendance à abaisser le rapport C/N par augmentation du taux d'azote total. Une plante de couverture permanente (*Pueraria*) stabilise le rapport C/N. Le phosphate tricalcique et le fumier de porc donnent au sol les plus fortes teneurs en acide phosphorique assimilable. On observe une sorte de cycle annuel de l'acide phosphorique, avec des teneurs plus faibles en saison sèche qu'en saison des pluies.

La fertilisation du riz varie avec les situations. Sur sol de marais drainé au lac Alaotra, une fumure équilibrée NPK permet d'obtenir des augmentations de rendement importantes. Sur alluvions fluviales latéritiques, dans une fumure NPK avec fumier de ferme, l'acide phosphorique doit être apporté sous forme bicalcique ou de scories Thomas. Lors d'un enfouissement d'engrais vert, il faut apporter 100 à 150 kg/ha de sulfate d'ammoniaque. Le seul fait d'enfouir la paille de riz élève significativement le rendement en paddy. Un complément NP donne des résultats encore meilleurs.

La lutte contre l'érosion comporte deux volets : le suivi de dispositifs de lutte contre l'érosion sur sols en terrasse, à lits en pente de forte dénivellation ; la mise en place d'une batterie de cuves de grande capacité, avec détermination, pour chaque système d'assolement mis en place, de l'importance de la dégradation qu'il provoque sur la structure du sol.

D'autres résultats portent sur la fertilisation du maïs et de l'arachide. Ils sont repris dans de nombreuses publications après la création de l'IRAT. De multiples travaux concernent les prospections pédologiques et les études de sols. Ils sont traités dans le chapitre suivant.

## De 1960 à 1969

### Les orientations de l'IRAT

Les orientations en agronomie concernent deux grands domaines : la fertilisation minérale, c'est-à-dire l'amélioration des propriétés chimiques du sol ; le travail du sol, c'est-à-dire l'amélioration des propriétés physiques et mécaniques du sol.

#### L'AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU SOL : LA FERTILISATION MINÉRALE

En 1960, lors de la mise en place des programmes de l'IRAT, les études sur la fertilisation minérale concernent les cultures vivrières et ont une portée locale<sup>1</sup> : mil et sorgho au Sénégal ; arachide au Sénégal, au Mali, en Haute-Volta, au Niger, au Bénin, à Madagascar ; manioc à Madagascar ; riz au Sénégal, au Mali, à Madagascar. Sous l'impulsion du Pr Chaminade, un programme d'ensemble est mis en place<sup>2</sup>.

Les bases scientifiques de cette programmation sont les suivantes :

Climat et sol conditionnent les rendements d'une production végétale. L'homme peut difficilement modifier le climat, mais il peut agir sur le sol. La fertilité du sol dépend de ses propriétés physiques, physico-chimiques et biologiques. Les propriétés physiques déterminent la dynamique de l'eau et son stockage, la pénétration des racines et le volume de sol exploré, et donc l'utilisation de l'eau par la plante.

Les propriétés physico-chimiques concernent plus directement l'alimentation de la plante : teneur du sol en éléments utiles au végétal (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium, soufre, oligoéléments), forme sous laquelle se trouvent ces éléments, assimilabilité par la plante, changement d'état et mouvements dans le sol.

Les propriétés biologiques concernent la vie microbienne, dont l'influence est prépondérante sur la fixation symbiotique, la décomposition et la transformation de la matière organique ainsi que l'assimilabilité de certains éléments minéraux.

Certains facteurs de fertilité, comme la profondeur du sol ou la pente, sont difficilement modifiables. En revanche, les facteurs physico-chimiques peu-

1. BOUYER S., 1965. L'expérimentation en matière de fertilisation. *L'Agronomie tropicale*, 20 (10) : 1025-1028.

2. CHAMINADE R., 1965. Recherches sur la fertilité et la fertilisation des sols tropicaux. *L'Agronomie tropicale*, 20 (10) : 1014-1018.

vent être facilement et rapidement améliorés. La fertilisation minérale permet de corriger les carences en éléments minéraux.

On peut distinguer, dans un sol, la fertilité actuelle, évaluée par les récoltes que donne le sol dans son état actuel, et la fertilité potentielle qui correspond à la production obtenue lorsque les facteurs modifiables par l'action de l'homme ont été amenés à l'optimum.

Dans les sols tropicaux, il existe souvent une différence considérable entre les deux, la fertilisation étant un moyen très puissant d'accroissement de la productivité des sols. Toutes les pratiques culturales concourent solidairement à l'obtention de rendements satisfaisants. Si la correction des carences du sol n'est pas une condition suffisante à l'amélioration de la fertilité, elle reste une condition nécessaire.

La doctrine de l'IRAT en matière de fertilisation minérale (Pr Chaminade, Serge Bouyer) s'inspire de deux vieilles lois fondamentales : la loi du minimum et la loi des accroissements moins que proportionnels. En conséquence, pour agir efficacement sur le sol par la fertilisation, il est indispensable de connaître les facteurs limitants de la nutrition minérale de la plante. Entre ces facteurs, il existe une hiérarchie, c'est-à-dire qu'ils apparaissent successivement dans le sol, lors de la remontée de la fertilité. Lorsqu'on ajoute au sol des doses croissantes d'un élément utile au végétal, les autres éléments étant en quantité suffisante, le rendement du végétal s'accroît d'abord rapidement, puis plus lentement, pour plafonner à une valeur correspondant à la capacité maximale du sol. Toute mise au point d'une fertilisation minérale passe donc par trois stades.

Le premier stade est le diagnostic des carences, la technique expérimentale utilisée par l'IRAT étant celle des vases de végétation (Pierre Roche). On compare le rendement donné par une plante test en présence d'une fumure complète ou carencée en l'un des éléments de la nutrition minérale (P, K, Ca, Mg, S, oligoéléments). Cette technique permet de déterminer la nature des éléments pour lesquels le sol est carencé et la hiérarchie entre les carences.

Le deuxième stade est la correction des carences. Une carence ayant été décelée dans un sol donné, il faut déterminer expérimentalement la quantité d'élément minéral nécessaire pour corriger cette carence. La technique des courbes de réponse paraît à l'époque tout à fait adaptée : on détermine en plein champ la courbe de rendement d'une culture en fonction de doses croissantes d'un élément minéral, les autres étant apportés en quantité suffisante. On obtient (en principe) une courbe continue de variation de rendement. D'après ces courbes, il est possible de prévoir les fumures correspondant à l'optimum économique. On détermine ainsi la fumure de redressement d'une carence, qui doit être considérée comme un investissement.

Enfin, le troisième stade est la fertilisation d'entretien, qui dépend essentiellement de la nature des cultures et des rendements escomptés. Il faut alors prendre en compte les besoins de l'espèce cultivée.

LA MATIÈRE ORGANIQUE, UN IMPORTANT FACTEUR DE FERTILITÉ

L'élévation du taux de matière organique d'un sol est une opération longue et difficile, en particulier en région tropicale où elle disparaît rapidement. En

raison du rôle très important joué dans le bilan humique par les résidus de récolte, l'augmentation des rendements due à la correction des carences minérales apporte une amélioration de ce bilan. C'est donc par le biais de la fumure minérale qu'on peut amorcer l'action sur le niveau organique des sols.

### L'AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DU SOL : LE TRAVAIL DU SOL

La plus grande partie des sols d'Afrique de l'Ouest présente une structure compacte, mal aérée, peu favorable au développement racinaire des cultures et à la circulation de l'eau. Dans un premier temps, pour modifier cette situation, on fait appel aux labours d'enfouissement de matière verte. L'hypothèse de départ est en effet que, ces sols présentant des teneurs en matière organique très faibles, un enfouissement de matière verte, flore naturelle de jachère ou culture d'engrais vert, à défaut de fumier, va les enrichir rapidement.

Si la fabrication de matière organique stable à partir de matière organique enfouie est mal contrôlée et difficile à apprécier, en revanche, l'action sur la structure paraît nette et la porosité s'en trouve accrue. Or ce nouvel état ne peut avoir été créé que par le travail du sol, en particulier le labour.

Les tropicalistes du deuxième quart de siècle sont très méfiants à l'égard du travail du sol. C'est en 1944 que J.-P. Harroy écrit, dans *Afrique, terre qui meurt* : « Plus encore que tout autre outil aratoire, la charrue ne doit être utilisée en Afrique qu'avec prudence ». Il ajoute cependant, quelques pages plus loin : « une fois certains obstacles écartés il va de soi qu'une utilisation de la charrue pourrait constituer pour l'exploitation agricole des sols africains un progrès incontestable ».

Les termes d'une longue polémique, qui dure encore, sont ainsi bien posés : travail ou pas travail du sol. Pour tenter de la dépasser, les agronomes du CRA de Bambey, au Sénégal (en particulier René Tourte, Claude Charreau, Robert Nicou), décident de mettre en place une expérimentation multilocale, bientôt généralisée dans les autres pays francophones d'Afrique de l'Ouest, sur les effets des différents travaux possibles sur le sol et les cultures. Dans cette opération de recherche, la collaboration des agro-machinistes se révèle très précieuse (Alain Bonlieu, Marc Le Moigne, Jacques Monnier, Claude Malcoiffe).

Dès le départ, les limites de l'étude sont bien fixées. Deux facteurs sont essentiels : l'intensité du travail et l'agressivité du milieu. Les travaux concernent essentiellement la zone sahélo-soudanienne à deux saisons tranchées, portent sur les sols exondés à faible teneur en argile, sur pentes inférieures à 2 %, et sur les cultures principales. Dès les premiers résultats, il devient évident que, dans ces conditions, le travail du sol est le seul moyen de créer une structure qui n'existe pas. Il permet d'augmenter le rendement des cultures, en particulier des céréales. Les améliorations apportées à la structure du sol nécessitent des études plus approfondies. Il est fait appel à la collaboration du Pr Hénin et de son équipe de chercheurs de l'INRA Versailles. C'est alors que voit le jour la notion de profil cultural en milieu tropical.

A la suite des missions de Jean-Pierre Desfontaines, en 1964, puis de Gérard Monnier, en 1965, la méthodologie d'étude du profil cultural est adaptée au milieu tropical. Dans la plupart des expérimentations mettant en jeu les effets du travail du sol, avec ou sans enfouissement de matière organique, des observations du profil cultural sont effectuées aux différentes périodes de l'année

culturelle et sous différentes plantes. Outre les observations sur la structure et la texture, une adaptation des méthodologies d'étude de l'INRA est mise en chantier pour tout ce qui concerne la porosité et l'enracinement (Pr Maertens, INRA Toulouse). Grâce à une collaboration active avec le centre ORSTOM d'Adiopodoumé, en Côte d'Ivoire (B. Bonzon, Didier Picard), un laboratoire d'étude racinaire est implanté à Bambey. L'idée est de tenter de mesurer les effets, à court et à long terme, du travail du sol sur le développement végétatif et le rendement des cultures, mais aussi sur la structure, la porosité, la résistance à la pénétration et le développement racinaire des cultures.

Ainsi, à l'IRAT, les études d'agronomie générale prennent deux grandes directions. La première concerne l'alimentation minérale des plantes sur l'ensemble de la rotation, par la détection des carences minérales, la mise au point de fumures de redressement et d'entretien. Le second axe de recherche est l'amélioration du profil cultural en milieu tropical et ses conséquences sur le développement végétatif et le rendement des cultures.

### **Les résultats : premier bilan, 1967-1969**

Les premiers résultats obtenus par les différentes équipes d'agronomes de l'IRAT sont présentées au colloque sur la fertilité des sols tropicaux qui se déroule à Tananarive (Madagascar) en novembre 1967. Plus de cinquante communications y sont présentées ; elles proviennent de Madagascar et du Sénégal, mais aussi du Cameroun, de Côte d'Ivoire, du Dahomey, de Haute-Volta, du Mali, du Niger, de République centrafricaine, de la Réunion. En 1969, un groupe de travail IRAT réunissant des agronomes spécialisés en maintien de la fertilité des sols tropicaux est réuni à Bouaké (Côte d'Ivoire). L'objectif est de faire le point sur les résultats obtenus en neuf ans par les agronomes de l'IRAT et de prévoir l'orientation des recherches. On peut donc considérer que l'année 1969 marque la fin d'une première étape dans les recherches en agronomie générale à l'IRAT. Pour examiner les résultats obtenus pendant la période 1960-1969, les cinq thèmes retenus par les groupes de travail de Bouaké sont pris en compte.

#### THÈME 1 : BILAN DE L'AZOTE DANS LES SOLS TROPICAUX

L'étude de la dynamique de l'azote minéral, dans différents types de sol (Jacques Velly, Dominique Blondel) met en évidence des variations importantes quant aux teneurs en azote minéral qui peuvent s'expliquer par une réorganisation de l'azote par les micro-organismes. Cette réorganisation peut bloquer temporairement l'azote minéral sous forme organique, lentement minéralisable par la suite. Cet effet peut être néfaste si l'azote est bloqué au moment où la plante en a besoin ; en revanche, ce blocage temporaire, suivi d'une libération progressive, peut être mis à profit pour limiter les pertes d'azote minéral<sup>1</sup>.

- Minéralisation de l'azote organique. En zone tropicale sèche à une saison des pluies, la minéralisation de l'azote organique est importante pendant environ vingt jours. Puis elle décroît et l'azote minéral disparaît brutalement, le lessivage entraînant la quasi-totalité des nitrates en profondeur. Une partie de l'azote ammoniacal est réorganisée par la microflore.

1. D. BLONDEL fera paraître plusieurs publications sur la dynamique de l'azote et l'alimentation azotée des céréales dans *L'Agronomie tropicale*, 1971, 26 (6, 7, 12).

- Dynamique de l'absorption de l'azote par les céréales. Les besoins en azote d'une céréale peuvent être caractérisés par deux valeurs : la mobilisation globale d'azote pour un rendement donné et l'intensité maximale d'absorption pour atteindre ce rendement. L'efficacité de l'azote mobilisé est très faible sur le mil, 60 % de cet azote se retrouvant dans les pailles, alors que cette valeur atteint 40 % pour le maïs. La demande d'azote par la plante n'est pas constante tout au long de la croissance du végétal : son maximum se situe à la montaison pour le mil, le maïs et le riz.
- Dynamique pluriannuelle du stock d'azote organique. Les courbes de minéralisation obtenues *in situ* montrent une teneur nulle en azote minéral pendant la deuxième phase, alors que la plante continue à absorber de l'azote en quantité importante pendant la montaison. Il y a donc, au niveau de la rhizosphère, minéralisation de petites quantités de matière organique libre. L'azote organique minéralisable provenant de résidus de récolte situés dans la zone rhizosphérique devient une caractéristique importante au regard de la fertilité azotée du sol.

### THÈME 2 : RÔLE SPÉCIFIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Peu d'expérimentations permettent d'aborder l'étude du rôle spécifique de la matière organique. On enregistre des effets globaux (dose de fumure, enfouissement de matière organique) sans qu'il soit possible de mesurer l'influence des différents facteurs : effet minéral, effet protection du sol, effet sur la structure, effet sur les propriétés physiques, etc. Certains essais réalisés à Madagascar, au Dahomey et en Haute-Volta mettant en évidence une interaction entre azote et enfouissement de compost, il est décidé de mettre en place un programme coordonné IRAT sur ce thème.

### THÈME 3 : TRAVAIL DU SOL, FACTEURS PHYSIQUES DE LA FERTILITÉ

A partir des premiers résultats obtenus dans le cadre des nombreuses expérimentations mises en place en Afrique de l'Ouest, un important travail de synthèse est entrepris concernant l'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine. Il est achevé et publié en 1971<sup>1</sup>.

Cette synthèse, qui fait état des travaux réalisés par les agronomes de l'IRAT en Afrique de l'Ouest, met l'accent sur différents aspects.

- La situation pédoclimatique. En zone tropicale sèche, aucun facteur naturel ne joue dans un sens favorable au développement de la structure : agressivité des pluies, aridité du climat, durée de la saison sèche, texture sableuse ou sablo-argileuse des horizons superficiels du sol, prédominance de la kaolinite et des hydroxydes de fer dans la fraction argileuse du squelette, tous ces facteurs jouent dans le sens de la dégradation du profil cultural. Les phénomènes de gonflement et de retrait sont inexistantes et l'absence de gelées annule toute possibilité de fragmentation. Les propriétés physiques du sol ne sont pas favorables à l'installation d'une végétation cultivée.

---

1. CHARREAU C., NICOU R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses conséquences agronomiques. *L'Agronomie tropicale*, 26 (2, 5, 9, 11).

- Action des facteurs biologiques. L'action de la végétation fait l'objet d'une étude développée. Son rôle dans l'amélioration du profil est limité et il n'est important que dans le cas d'une végétation forestière. Or, dans cette zone, la déforestation est totale et elle est un préalable à la mise en culture, ce qui entraîne une détérioration rapide des propriétés physico-chimiques du sol. Par ailleurs, une végétation herbacée ne peut apporter une amélioration rapide du profil cultural, mais elle peut jouer un rôle dans la conservation d'un profil initial ou d'un profil créé par l'homme. Le manque de données précises ne permet pas de juger de l'influence de la faune et de la flore du sol.
- L'intervention de l'homme. Elle s'exerce essentiellement par le biais du travail du sol. Les expérimentations réalisées en Afrique de l'Ouest, entre 1960 et 1969, mettent en évidence les effets importants du labour sur le rendement des cultures : + 29 % pour l'arachide, + 52 % pour le sorgho. Pour le mil, le maïs et le riz pluvial, les plus-values peuvent être supérieures à 100 %.
- Les mécanismes d'action du travail du sol sont envisagés sous différents aspects. La lutte contre les adventices est un aspect connu et important dans cette zone, où la lutte contre les mauvaises herbes est un souci majeur chez les paysans. Il ne suffit pas pour rendre compte des augmentations de rendement. Quant aux modifications des propriétés physiques du sol, les caractéristiques suivantes sont modifiées par le labour : structure, porosité, régime hydrique, stabilité structurale, matière organique et vie microbienne. L'analyse de la porosité montre que ce sont les changements qualitatifs et quantitatifs de la macroporosité qui rendent le mieux compte de l'amélioration de la croissance et de la production végétale. Des liaisons étroites entre porosité, développement racinaire et rendement sont mises en évidence.

L'importance de ces observations et premières conclusions n'échappe à personne. Les avis des agronomes sur le travail du sol en milieu tropical sont très divergents mais, pour la première fois, ses effets sur les rendements sont rigoureusement mesurés et des premiers éléments d'explication sont fournis. Les discussions sur l'intérêt du travail du sol en milieu tropical peuvent quitter le domaine des spéculations intellectuelles et des observations subjectives, pour entrer dans celui de la confrontation des résultats expérimentaux.

#### THÈME 4 : POTENTIALITÉS DES SOLS TROPICAUX, FACTEURS LIÉS À LA NUTRITION DES PLANTES

- Détermination des carences minérales. La technique des essais en vase de végétation, proposée par le Pr Chaminade, est mise au point à Madagascar, puis adaptée aux conditions de l'Afrique tropicale sèche. Quand les conditions le permettent, la plante test est le ray-grass, mais en Afrique tropicale il est nécessaire d'utiliser une graminée tropicale (*Sorghum alnum*, *Pennisetum typhoides*)<sup>1</sup>.

Les résultats les plus nombreux et les plus importants sont obtenus à Madagascar où les grandes familles de sols tropicaux ont pu être étudiées. La carence en phosphore est générale et, en fonction du type de sol et de la situation, c'est la carence en K ou en Ca qui apparaît en deuxième position.

1. ROCHE P., VELLY J., 1965. Les méthodes utilisées pour reconstituer la fertilité des sols tropicaux. Etudes des carences, essais aux champs, courbes de réponse. Résultats obtenus à Madagascar. *L'Agronomie tropicale*, 20 (10) : 1029-1033.

Dans presque tous les pays d'Afrique de l'Ouest, en particulier au Sénégal, les difficultés d'adaptation de la méthode ne permettent pas d'obtenir des résultats spectaculaires ; toutefois, les résultats antérieurs montrent que, mis à part certaines zones très localisées, où se trouvent des gisements de phosphates naturels, les sols sont tous carencés en phosphore.

- Correction des carences minérales, courbes de réponse, fertilisation de redressement. Un grand nombre de résultats d'essais « courbes de réponse » sont obtenus dans de nombreux pays. La quantité d'éléments apportée au sol à partir de laquelle la courbe de rendement tend vers l'horizontale représente la correction de la carence. La fertilisation correspondante constitue la fumure de redressement. Par extension, on peut appliquer ce dernier terme à une fertilisation qui, sans aboutir à la correction complète de la carence, laisse le sol, après culture, à un niveau de fertilité supérieur au niveau initial. Pour des raisons économiques, le redressement de fertilité peut être réalisé par paliers et échelonné sur une période plus ou moins longue.

Ces considérations s'appliquent à tous les éléments fixés par le sol et qui ont la possibilité d'être mis en réserve dans le milieu. Pour l'azote et le soufre, il semble que la notion de fumure de redressement soit plus difficile à concevoir. La courbe de Mitscherlich traduit la modification de l'équilibre du sol entre sa fertilité actuelle et sa fertilité potentielle. Sauf pour les très faibles fumures, la plante n'utilise, pour son développement, qu'une fraction des éléments apportés ; le reste persiste dans le sol et élève le niveau des réserves. Par exemple, dans une courbe de réponse à Madagascar, l'apport de 300 kg/ha de  $P_2O_5$  se traduit par une exportation de 60 kg/ha.

La position scientifique des agronomes (Pr Chaminade) se heurte à celle des économistes et des financiers, soucieux d'une rentabilité immédiate et ne prenant pas en compte l'augmentation du capital fertilité du sol. Le problème de la fumure de redressement est abordé par une autre voie au Sénégal, dans les années 50, pour le phosphore. La présence d'importants gisements de phosphates naturels donne aux agronomes de Bambey l'idée d'exploiter cette richesse naturelle locale pour redresser la carence généralisée en phosphore des sols sénégalais, par un apport unique de phosphate naturel produit sur place et donc à moindre coût. De nombreuses études donnent des résultats intéressants et prouvent la validité de ce raisonnement qui, lui non plus, ne rencontre pas nécessairement l'aval des économistes.

On peut enfin observer que, dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, les résultats des courbes de réponse ne répondent pas toujours aux attentes, sauf en ce qui concerne l'azote sur les cultures céréalières hautement productives, comme le maïs et le riz.

- Maintien de la fertilité, fertilisation d'entretien. Le but de la fertilisation d'entretien est de maintenir le niveau de fertilité créé par la fertilisation de redressement ; elle est donc liée à la nature de la culture. Elle doit compenser toutes les causes d'appauvrissement : exportations par les récoltes, pertes par lessivage, immobilisation. Les exportations par les récoltes dépendent des systèmes de culture et du niveau de production des sols. Les informations sur les exportations par les plantes cultivées en milieu tropical sont considérées

comme très insuffisantes. Les exportations sont plus faibles que les mobilisations, et il est important de connaître la quantité de matériel végétal qui retourne au sol.

Au Sénégal, Dominique Blondel, Jean-François Poulain et Hubert Thirouin montrent que, pour un rendement de 5,4 t/ha de grain, le maïs exporte 55 kg de  $P_2O_5$  et 28 kg de  $K_2O$  par tonne de grain. Si on restitue paille et feuilles au sol, en tenant compte des pertes par lessivage, les auteurs proposent une fumure d'entretien de 35 kg/ha de  $P_2O_5$  et 75 kg/ha de  $K_2O$ .

La fumure d'entretien doit être entièrement prise en compte dans les frais de production de la culture annuelle.

#### THÈME 5 : DIVERS

Plusieurs chercheurs attirent l'attention sur les dangers d'acidification du sol en culture continue intensive, lorsqu'on utilise le sulfate d'ammoniaque (Sénégal, Haute-Volta, République centrafricaine, Madagascar, La Réunion). Le laboratoire de fertilité des sols de l'IRAT, à Nogent, rédige une note de synthèse sur les carences en soufre en milieu tropical (Serge Bouyer, Jean Pichot); Jacques Velly attire l'attention sur les dangers de carence en silice en riziculture continue<sup>1</sup>.

Au fur et à mesure de l'intensification des cultures, la fertilisation d'entretien ne doit pas être limitée à l'apport des seuls éléments N, P et K. On commence à observer des carences en oligoéléments (bore sur arachide). Enfin, les apports de fumure organique doivent permettre d'économiser l'azote et la potasse de la fertilisation d'entretien.

## De 1970 à 1974

Après le bilan des résultats obtenus par les agronomes de l'IRAT depuis sa création, sous la direction de Pierre Roche, responsable de la division d'agronomie, la réunion de travail de Bouaké (Côte d'Ivoire), prend en 1969, un certain nombre de décisions quant à l'orientation des travaux pour les cinq années suivantes (1970-1974). Les études concernant l'amélioration du milieu (nouvelle appellation de l'agronomie) doivent être conduites en un nombre limité de situations bien choisies, où se réalise un travail en profondeur. Des équipes régionales sont constituées et des coordinateurs régionaux désignés.

### Le programme quinquennal de Bouaké

#### BILAN DE L'AZOTE DANS LES SOLS TROPICAUX

Sont programmés l'étude de la dynamique de l'azote minéral à Madagascar et au Sénégal (évolution des formes de stockage de l'azote minéral afin d'approcher le bilan de l'azote organique à long terme) ainsi que l'établissement d'un programme coordonné pour étudier les effets sur les céréales de l'apport de trois niveaux d'azote à deux niveaux de matière organique.

1. VELLY J., 1975. La fertilisation en silice du riz à Madagascar. *L'Agronomie tropicale*, 30 (4) : 305-324.

### RÔLE SPÉCIFIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

L'objectif est de mettre en évidence le rôle spécifique de la matière organique, d'analyser les causes et d'approcher le bilan de la matière organique. Le projet d'expérimentation comporte une courbe de réponse à l'azote, avec ou sans enfouissement de matière organique.

### TRAVAIL DU SOL, STRUCTURE, RÉGIME HYDRIQUE

L'expérimentation coordonnée comporte l'étude de trois traitements de travail du sol à plusieurs niveaux de fertilisation, avec l'éventualité de comparer un brûlis à un enfouissement.

### POTENTIALITÉS DES SOLS TROPICAUX

Les courbes de réponse à différents éléments minéraux sont poursuivies, en généralisant les analyses végétales afin de calculer les exportations.

### ENTRETIEN DE LA FERTILITÉ DANS LE CADRE DE SYSTÈMES DE CULTURE

Des protocoles sont établis pour l'étude de la fertilisation d'entretien au phosphore et au potassium. Un certain nombre de dispositifs pour l'étude du lessivage vertical sont mis en place.

Enfin, sont fixées les étapes et les priorités dans l'intensification de l'agriculture tropicale, et fait le point sur les solutions applicables à chacune de ces étapes.

## **Les conditions de réalisation du programme de Bouaké**

Quatre équipes régionales sont chargées de la réalisation du programme : zone tropicale à une saison des pluies (Bambey, Sénégal) ; zone tropicale à deux saisons des pluies (Bouaké, Côte d'Ivoire) ; zone du bassin du Tchad (Nord-Cameroun) ; zone tropicale d'altitude et zone géographique de l'océan Indien (Madagascar). Chaque équipe de recherche s'efforce d'adapter les expérimentations en fonction de l'état d'avancement de ses travaux.

Le programme est mis en place avec des fortunes diverses dans les différentes agences de l'IRAT. La coordination géographique fonctionne plus ou moins bien du fait, en particulier, de l'évolution des systèmes de recherche nationaux et des équipes de l'IRAT en poste dans les différents pays.

A partir de 1972, la brusque apparition d'une période de sécheresse, catastrophique dans toute la zone sahélo-soudanienne, modifie complètement le contexte pédo-climatique de l'agriculture. La lutte contre la sécheresse devient prioritaire et les programmes de recherche sont infléchis en conséquence. Des thèmes nouveaux émergent : étude des besoins en eau, techniques d'économie de l'eau, efficacité maximale des fertilisants, rôle de la matière organique dans la conservation de l'eau, irrigation. Même s'ils ne sont développés plus largement qu'après 1974, ces thèmes de recherche figurent parmi les préoccupations de tous lorsque se tient à Paris, au mois de juillet 1974, la réunion-bilan sur les recherches en agronomie à l'IRAT de 1970 à 1974.

## **Les résultats : la réunion de Paris en 1974, deuxième bilan**

Toutes les agences et missions de l'IRAT sont concernées (Algérie, Antilles, Cameroun, Comores, Côte d'Ivoire, Bénin, Ethiopie, Haute-Volta, Madagascar, Mali, Niger, La Réunion, Sénégal, Togo). La plupart des agronomes IRAT sont

présents. L'ordre du jour reprend la démarche qui s'est imposée à l'IRAT dans la recherche des potentialités des sols tropicaux et des processus d'intensification qui en découlent.

#### APTITUDES CULTURALES

La détermination des aptitudes agricoles d'un milieu naturel passe par la connaissance du milieu et celle du comportement des plantes. Pour la connaissance du milieu, les méthodes mises au point par l'IRAT (notamment l'équipe de pédologues de Jean Kilian), en collaboration avec le Centre de géographie appliquée de Strasbourg (Pr Tricart), visent à analyser les composantes du milieu naturel, considéré comme un système dont les interactions définissent des types de milieux, lesquels possèdent une structure, une évolution et des contraintes communes. Chaque type de milieu réclame des modes de mise en valeur spécifiques (géomorphologie, pédologie). La connaissance du comportement des plantes étudie la réaction du végétal aux contraintes du milieu (agronomie). De très nombreuses études liées aux projets de développement sont conduites suivant ces conceptions (Algérie, Bénin, Côte d'Ivoire, Ethiopie, Haute-Volta, Mali, Sénégal, Togo).

#### RELATIONS EAU-SOL-PLANTE, BIOCLIMATOLOGIE-IRRIGATION

Les études du complexe eau-sol-plante ont pour but de définir des méthodes et des systèmes permettant de valoriser au mieux les ressources hydriques. Elles débouchent sur des résultats essentiels. Pour les principales cultures pluviales, on détermine la saison des pluies utiles et donc des durées de cycle végétatif adaptées, ainsi que des dates d'intervention optimales pour les différentes zones écologiques. L'intérêt d'améliorer le stockage et la conservation de l'eau dans le sol au cours d'une campagne agricole, mais aussi d'une saison des pluies à l'autre, est mis en évidence. On formule des propositions d'étude des techniques de *dry-farming*. Des normes de culture et d'irrigation sont mises au point pour un certain nombre d'espèces et de variétés en Afrique de l'Ouest et dans les pays méditerranéens ; de même pour les méthodes de diagnostic de l'aptitude des sols à l'irrigation.

#### TRAVAIL DU SOL, PHYSIQUE DU SOL

Les résultats obtenus dans les différentes écologies mettent en évidence un effet très marqué du travail du sol en terres exondées. Le labour, en particulier, paraît, dans la majorité des cas, la technique la plus susceptible d'apporter d'appréciables augmentations de rendement. Les recommandations aux organismes de développement sont cependant modulées en fonction de la pluviométrie et de la nature des sols.

- Zone tropicale sèche (une seule saison des pluies de 2 à 5 mois). Pour tous les sols exondés de cette zone, à l'exception des vertisols, l'amélioration du profil cultural et du rendement des cultures passe par le travail du sol. Cette technique constitue, en particulier, un moyen intéressant de lutte contre la sécheresse : par son action sur la porosité et l'enracinement des cultures, le labour favorise l'alimentation hydrique. La qualité et les effets du labour sont meilleurs lorsqu'il est exécuté sur un sol humide (en particulier les enfouissements de matière organique). Si la durée de la saison des pluies est trop courte et si la texture du sol le permet, on peut avoir recours au labour en

sec. Lorsqu'il est impossible de labourer, le travail aux dents présente une solution intermédiaire intéressante, mais les effets sur les rendements sont inférieurs.

- Zone tropicale humide. Dans tous les types de sols, à l'exception des vertisols, le labour s'affirme encore comme la meilleure technique de préparation du sol. Le facteur porosité x macrostructure étant moins prépondérant, l'action du labour se manifeste surtout en cas de sécheresse. Les conditions de sa réalisation ont ici plus d'importance qu'en zone tropicale sèche.
- Zone équatoriale et zone d'altitude. Les conclusions sont les mêmes que précédemment pour les sols ferrugineux tropicaux, les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. Par contre, le labour n'est pas utile dans les andosols et même à déconseiller si la pente atteint 10 à 15 %. Il faut alors s'attacher à lutter contre l'érosion. On notera cependant que, lorsque la pente est faible, le labour réalisé dans des conditions rationnelles limite l'érosion et le ruissellement.

Enfin, une grande attention est portée aux problèmes d'évolution de la porosité, laquelle conditionne le développement racinaire des cultures et donc la résistance à la sécheresse. Tous les mécanismes sont loin d'être élucidés, notamment ceux qui interviennent dans le phénomène de prise en masse des sols sableux. Leur connaissance peut cependant bouleverser le calendrier cultural de l'exploitation.

### POTENTIALITÉS

Tous les agronomes de l'IRAT sont convaincus que la production potentielle, dans un cadre pédoclimatique donné, ne peut être obtenue qu'en utilisant un ensemble de techniques englobant, en particulier, la défense des cultures. Dans ces conditions, les rendements céréaliers peuvent atteindre 10 t/ha dans les zones climatiquement favorisées et 3 à 3,5 t/ha dans celles moins favorisées.

Dans le domaine des éléments chimiques autres que l'azote, le phosphore est le facteur limitant principal et souvent unique<sup>1</sup>. La correction de cette carence peut être obtenue par un apport de  $P_2O_5$  compris entre 50 et 150 kg/ha, sauf pour quelques sols à fort pouvoir fixateur où il atteint 300 kg/ha. Cet apport peut être fait suivant les formes les plus variées et, en particulier, sous forme de phosphates naturels apportés en fumure de fond. Dans le cas des sols inondés, le phénomène est moins général.

La reprise des sols épuisés, tels que les « terres de barre » dégradées du Bénin et du Togo, est très difficile et elle pose des problèmes microbiologiques. Un bon travail du sol lié à des enfouissements de matière organique (résidus de récolte) et une fertilisation minérale adaptée permettent de relever progressivement le niveau de la production (Jacques Marquette).

1. PICHOT J., ROCHE P., 1972. Phosphore dans les sols tropicaux. *L'Agronomie tropicale*, 27 (9) : 939-965.

NABOS J., CHAROY J., PICHOT J., 1974. Fertilisation phosphatée des sols du Niger. Utilisation des phosphates naturels de Tahoua. *L'Agronomie tropicale*, 29 (11) : 1140-1150.

LE BUANEC B., 1973. *Contribution à l'étude de la carence en phosphore des sols sur granite de Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, faculté des sciences d'Abidjan.

Lorsque la production potentielle a été obtenue en corrigeant seulement les facteurs limitants, une fumure d'entretien est nécessaire. A ce moment peuvent apparaître des carences induites et des phénomènes d'acidification. Il y a donc lieu d'être vigilant pour les prévenir et les corriger rapidement.

#### ENTRETIEN DE LA FERTILITÉ DANS LE CADRE DE SYSTÈMES DE CULTURE

L'objectif est de maintenir la fertilité lorsqu'elle a été restaurée. Le niveau de fertilité phosphatée peut être maintenu par la simple compensation des quantités de  $P_2O_5$  exportées par les récoltes. Pour le potassium, on peut attendre les premières manifestations de carence pour intervenir. L'intensification soulève des problèmes nouveaux concernant le calcium, le magnésium et les oligoéléments. Pour ces derniers, des réponses très marquées sont obtenues avec des apports minimaux (bore, molybdène). L'épuisement des sols tropicaux dû à la culture sans repos et au lessivage par les pluies fait apparaître un danger certain d'acidification<sup>1</sup>. Celle-ci libère, en particulier, de l'aluminium échangeable dans le sol, ce qui peut entraîner d'importantes pertes de rendement sur les légumineuses (arachide, soja). Les moyens de prévention et de correction sont définis<sup>2</sup>. L'étude des quantités d'éléments prélevées par les plantes montre qu'on retrouve une très forte proportion d'entre eux (azote et potassium, surtout) dans les résidus de récolte. Le coût des engrais minéraux ne permet pas de les utiliser seuls pour compenser les exportations minérales. Le recyclage des résidus de récolte devient une préoccupation majeure.

24

#### FUMURE AZOTÉE DES CULTURES VIVRIÈRES TROPICALES

En dehors du cas particulier des légumineuses, la fumure azotée des cultures est indispensable à l'obtention de rendements élevés. Compte tenu du prix des engrais, elle constitue une charge de production très lourde pour le cultivateur. Par ailleurs, elle est d'un emploi délicat, car son efficacité et sa rentabilité dépendent de facteurs mal connus.

Les connaissances dans ce domaine progressent. Les besoins des cultures sont définis par la quantité totale d'azote mobilisée, par le rapport entre fraction utile et quantité totale, par le rythme d'absorption. Les variétés de céréales améliorées, qui ont un bon rapport grain/paille, présentent un grand intérêt. La fourniture d'azote par le sol n'est pas régulière au cours de l'année. Ce phénomène est décrit à l'aide de plusieurs facteurs : intensité, cinétique et diffusion, dont l'importance est variable en fonction du sol. L'emploi des techniques isotopiques est très utile pour la compréhension de ces phénomènes<sup>3</sup>.

Les résidus de récolte enfouis fournissent de l'azote. L'introduction de légumineuses fixatrices d'azote dans la rotation constitue un moyen efficace pour améliorer le bilan de cet élément (Gora Bèye fait paraître, dans *L'Agronomie tropicale*, plusieurs articles sur l'évolution chimique et la fertilisation des rizières de Casamance, au Sénégal).

1. SIBAND P., 1972. Etude de l'évolution des sols sous cultures traditionnelles en Haute-Casamance. Principaux résultats. *L'Agronomie tropicale*, 27 (5) : 574-591.

2. PIÉRI C., 1974. Premiers résultats expérimentaux sur la sensibilité de l'arachide à la toxicité aluminique. *L'Agronomie tropicale*, 29 (6-7) : 685-693.

3. NGO CHAN BANG, OLIVER R., 1970. Evolution de l'azote assimilable dans les sols tropicaux. *L'Agronomie tropicale*, 25 (12) : 1044-1078.

### RÔLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LA FERTILITÉ DES SOLS

La matière organique a une influence directe par les éléments nutritifs qu'elle contient et qu'elle met progressivement à la disposition des cultures, indirecte par son action sur l'ambiance physico-chimique (capacité d'échange, pH, toxicité), physique (structure, porosité, perméabilité) et biologique du sol, enfin spécifique par son action sur la physiologie même du végétal.

### PERSPECTIVES

A partir de ces résultats et après de nombreuses discussions entre agronomes de l'IRAT et personnalités scientifiques extérieures (MM. Tricard, Dommergues, Hallaire, Hébert, Monnier, Gaucher), les grandes lignes de la programmation en agronomie à l'IRAT sont définies pour la période 1975-1980.

On voit nettement apparaître les notions de recherche système, en liaison étroite avec le développement et donc de recherche en milieu réel. Le cadre des recherches agronomiques en station éclate et la nécessité d'intégrer tous les résultats obtenus dans des systèmes de culture utilisables en milieu réel devient une priorité. Le chercheur doit être confronté aux exigences du milieu réel, mais il ne doit pas abandonner les études de certains mécanismes dont la connaissance est indispensable pour la mise au point de nouvelles techniques. En 1974, le regroupement des services techniques des instituts de recherche tropicale au sein du GERDAT entraîne l'installation de la division d'agronomie de l'IRAT et de ses laboratoires sur le centre de Montpellier, sous la direction de René Tourte.

## De 1975 à 1984

La démarche de la division d'agronomie de l'IRAT s'inscrit dans le cadre d'une recherche de systèmes de production intensifiés et adaptés aux différents milieux agro-socio-économiques rencontrés. La détermination de ces systèmes de production repose sur la connaissance du milieu naturel, de ses ressources, ses tendances, ses contraintes, d'une part, sur la recherche des potentialités des sols, par unité de milieu ou de paysage, d'autre part. L'objectif est l'exploitation la plus rationnelle possible des ressources naturelles disponibles.

### Les grandes orientations

#### CONNAISSANCE DU MILIEU NATUREL ET DE SES CONTRAINTES

Il s'agit de l'identification des types de milieux et unités de paysage dans les pays où l'IRAT intervient. Cette connaissance dynamique comporte :

- pour le climat, l'étude des phénomènes climatologiques intéressant la croissance et le développement des plantes cultivées ;
- pour le sol, l'analyse des processus de morphogenèse et pédogenèse, aboutissant à une reproduction cartographique des unités morphopédologiques.

Dans ces travaux, l'IRAT s'appuie sur la télédétection, la micromorphologie et un laboratoire de cartographie pédologique. Cette approche agroclimatique et morphopédologique peut conduire à une disposition plus représentative des points d'intervention. Elle permet d'orienter les travaux vers la résolution des problèmes les plus graves et autorise la généralisation des

solutions à des milieux comparatifs. Elle implique une liaison interdisciplinaire étroite et débouche sur le concept d'aptitude culturale des sols.

#### RECHERCHE DES POTENTIALITÉS DES SOLS TROPICAUX

La maîtrise du facteur eau porte sur les mécanismes des relations eau-sol-plante, l'adaptation du matériel végétal et les techniques de meilleure gestion de l'eau. L'amélioration des propriétés physiques et mécaniques des sols est recherchée pour l'établissement d'un régime hydrique satisfaisant, pour le bon enracinement des cultures et pour l'allègement des contraintes agronomiques. Ces différents aspects sont étroitement liés aux techniques et aux modalités de réalisation du travail du sol.

Les autres volets de cette recherche concernent :

- l'identification des carences ou facteurs minéraux limitants de la production végétale et l'entretien de la nouvelle fertilité, qui implique la maîtrise de trois facteurs : les phénomènes physico-chimiques dont le sol est le siège (lixiviation), la mobilisation et l'exportation minérales par la plante, les mécanismes de la demande des plantes en azote et de sa fourniture par le sol ;
- le rôle de la matière organique ;
- l'agrophysiologie ;
- la protection et la restauration des sols.

#### INTÉGRATION DES DEUX APPROCHES : LES PRODUITS ATTENDUS

La synthèse finale conduit au concept d'aptitude culturale qui intègre la qualité des terres, les contraintes et leurs aménagements, les expressions agronomiques possibles. On peut aboutir à des produits plus riches, agrosystèmes, systèmes techniques de production, et, in fine, à des systèmes vulgarisables. Ce processus continu débouche sur des propositions au développement.

Dans une première phase, l'approche est simplifiée et envisagée à l'échelle de grandes situations agricoles. Elle s'organise en programmes-systèmes qui s'adressent à des problématiques régionales spécifiques, regroupées en cinq grandes situations agricoles : zone tropicale soudano-sahélienne, zone tropicale humide et guinéenne, zone équatoriale, régions équatoriales et tropicales d'altitude, situation d'agriculture irriguée.

Pour conduire ces programmes, deux nouvelles sections sont créées au sein de la division d'agronomie : les systèmes de production en culture pluviale, confiés à Jean Pichot ; les systèmes de production en culture irriguée, confiés à Jean-Claude Legoupil.

#### **Les résultats à la création du CIRAD, 1984 : troisième bilan,**

En l'absence de synthèse des résultats de l'agronomie à l'IRAT au moment de la création du CIRAD, le bilan qui suit est le fruit de la consultation d'articles, de rapports annuels et de la documentation personnelle du rédacteur.

#### CONNAISSANCE DU MILIEU NATUREL

L'agropédologie et l'agroclimatologie font l'objet de développements séparés dans cette histoire de l'IRAT. On s'y reportera donc pour les résultats de la période considérée.

### RECHERCHE DES POTENTIALITÉS DES SOLS TROPICAUX

• Amélioration des propriétés physiques et mécaniques des sols : conséquences pour l'enracinement des cultures. Les résultats concernant le travail du sol reflètent une certaine continuité dans les actions conduites, avec une orientation plus marquée vers l'application en milieu paysan.

Dans un document de synthèse sur le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal, Robert Nicou analyse les effets du travail du sol sur la porosité, l'enracinement des cultures, l'alimentation hydrique, l'érosion éolienne et hydrique, la matière organique et la vie microbienne du sol. Les conséquences agronomiques de ces travaux sur les rendements des cultures et leur régularité, sur la lutte contre les adventices et sur l'économie des éléments minéraux sont soulignées. Mais ce document analyse aussi les contraintes liées à la réalisation de ces travaux : cycle de la plante, effort de traction, technicité des paysans, calendrier de travail de l'exploitation, protection des champs labourés.

Les recherches sont alors plus spécifiquement orientées vers les thèmes suivants :

- la mise au point de techniques facilitant la réalisation du labour malgré la prise en masse des sols en saison sèche, telles que le désherbage après récolte pour retarder la dessiccation du sol ;
- la réalisation de travaux du sol en sec (labour superficiel et travail à la dent), les tests étant conduits en milieu paysan (Jean-Louis Chopart), qui permettent de mieux apprécier comment un cultivateur peut réaliser de tels travaux ;
- l'expérimentation du travail du sol minimal et du paillage, avec leurs effets sur les rendements et la conservation de l'eau dans le sol. Les résultats sont loin d'être encourageants, en particulier en zone soudano-sahélienne.

En 1980, il est possible d'énoncer quelques enseignements sur le travail du sol, en milieu tropical.

Le travail du sol a un effet positif lorsque les propriétés physiques de ce dernier sont mauvaises : structure peu développée, faible porosité, taille des pores insuffisante pour assurer une bonne pénétration des racines. Par ailleurs, dans beaucoup de sols tropicaux, la fraction fine est constituée de kaolinite et de sesquioxydes de fer, réduisant considérablement les possibilités de gonflement et de retrait qui sont à l'origine d'une structure naturelle.

Le climat et la végétation influent également par le rythme des précipitations qui commande les alternances d'humectation et de dessiccation; par la durée et la périodicité des saisons, l'existence d'une longue saison sèche limitant la présence d'une faune active du sol; par l'intensité des pluies, cause d'érosion. La végétation naturelle est liée au climat : abondante, elle assure une bonne protection du sol et permet d'avoir des résidus culturaux importants pour constituer un mulch efficace.

Enfin, la fertilité d'un sol d'une défriche récente est supérieure à celle d'un sol anciennement cultivé. La mise en œuvre de techniques se pose donc en des termes très différents lorsqu'il s'agit de mettre en culture des zones occupées par la végétation naturelle ou par une culture itinérante très sporadique, ou lorsqu'il faut améliorer des terres cultivées de façon continue

depuis longtemps, la croissance démographique ayant entraîné une suppression des jachères. Dans un cas, il faut protéger les qualités naturelles du milieu, dans l'autre il faut les améliorer par le travail du sol.

Le travail du sol en milieu tropical est donc un problème complexe qui ne peut être traité partout de la même manière. A chaque type de milieu et à chaque production correspond un type de travail du sol. De la même manière, le travail du sol minimal et le semis direct ne sont pas toujours souhaitables ni possibles.

En Afrique tropicale sèche, la généralisation du travail du sol se heurte au phénomène de « prise en masse » des sols pendant la saison sèche. Ce phénomène, mis en évidence au Sénégal, a été décrit avant 1974<sup>1</sup>.

Les études conduites en laboratoire, à Montpellier, aboutissent à une meilleure connaissance du phénomène (Michel Fortier).

Il existe une relation étroite entre l'humidité du sol, la résistance mécanique à la pénétration et les efforts de traction (liaison linéaire). La résistance mécanique à la pénétration varie en fonction du rapport carbone/argile et de la nature de la matière organique. Elle est plus faible en présence d'acides humiques. La composition granulométrique du squelette sableux a une grande influence sur l'intensité de la prise en masse.

Les hypothèses concernant l'importance des liaisons entre le fer et la matière organique n'ont pu être totalement vérifiées en raison de l'interruption des recherches sur ce thème, en 1982.

Des recherches méthodologiques sont effectuées pour faciliter l'étude des systèmes racinaires. Elle portent sur :

- la méthode de caractérisation de certains paramètres racinaires à partir d'échantillons représentatifs (Jean-Louis Chopart) ;
- l'utilisation de la localisation du phosphore radioactif dans le sol, pour étudier la profondeur d'enracinement de la plante (Binh Truong, François-Noël Reyniers) ;
- la mise au point de techniques de culture en rhizotron ou sur brouillard nutritif, pour apprécier la variabilité génétique des paramètres de l'enracinement (B. Truong) ;
- la culture sur éprouvettes Proctor compactées à des énergies différentes, pour tester la capacité de pénétration des racines de différentes plantes (Michel Fortier) ;
- l'étude détaillée de la croissance racinaire du mil et de l'arachide au Sénégal<sup>2</sup>.

Ces déterminations ont trois applications principales :

- une meilleure connaissance des conditions d'alimentation hydrique et minérale des cultures et la caractérisation des paramètres (volume et profondeur de sol) pour l'établissement des bilans hydriques et minéraux ;
- l'évaluation de l'apport annuel de matière organique par les racines ;

1. NICOU R., 1975. Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. *L'Agronomie tropicale*, 30 (4) : 305-324.

2. CHOPART J.-L., 1980. *Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal*. Thèse de doctorat, INP, Toulouse.

– une meilleure compréhension des mécanismes d'action du travail du sol sur les racines et les parties aériennes des cultures.

- Identification des carences ou facteurs minéraux limitant la production végétale. Pour le phosphore, les études sont toujours orientées vers l'utilisation des phosphates naturels présents dans les différents pays : Tilemsi au Niger, Arly au Burkina Faso, Tahoua au Mali, Taïba au Sénégal. L'utilisation des phosphates naturels broyés, tant pour la correction des carences que pour la fumure d'entretien annuelle, est en effet la technique qui demande le moins d'investissement et de délai de mise en œuvre. Cependant, ils sont moins efficaces à court terme que les phosphates solubles, moins concentrés en éléments fertilisants nobles, et leur emploi est restreint dans certaines conditions pédoclimatiques. Ils ont, en compensation, l'avantage de contenir du calcium. Compte tenu des restrictions précédentes, on cherche à améliorer leur efficacité par des procédés d'acidulation ou par l'adjonction de soufre ou de matière organique. Les études sont conduites au Burkina Faso et au Togo, à partir de produits locaux acidulés, suivant les procédés de l'IFDC (International Fertilizer Development Center) ou de la TIMAC SA (Traitement industriel du maërl en amendement calcaire). Les premiers résultats sont encourageants.

Quant au potassium, l'étude de la fumure potassique est poursuivie dans les essais agronomiques établissant les courbes de réponse, menés dans certaines situations, en particulier au Mali (Kita, Longorola), et dans la gestion des résidus de récolte. Elle joue un rôle essentiel dans les bilans minéraux des systèmes de culture traditionnels. L'interprétation agro-économique met bien en évidence que, en l'absence de restitution de pailles, il est impossible de définir une fumure potassique répondant aux critères agronomiques (compensation des exportations), économiques (rentabilité) et d'incitativité. Le recyclage des résidus de récolte pose dès lors des problèmes liés aux utilisations traditionnelles de ces résidus : combustible, nourriture du bétail, matériau de construction<sup>1</sup>.

La mise en place de capteurs de solution du sol dans des parcelles expérimentales en sols sableux permet de constater que l'apport de KCl accroît très fortement les pertes en calcium, mais n'a pas d'effet sur les pertes en azote et en potassium. La détermination du point de charge nulle sur différents types de sols tropicaux permet de constater que tous ont un comportement de sols contenant des colloïdes (Christian Piéri). Dans ces conditions, la procédure de détermination classique de la capacité d'échange et du taux de saturation en bases échangeables ne permet pas d'établir un diagnostic agronomique valable. A Montpellier, on s'attache à proposer un indice analytique permettant de prévoir l'aptitude du sol à alimenter la plante en potassium. Les cinétiques de libération du potassium par le sol mettent en évidence une mise en solution des réserves en potassium de nature différente au cours du temps. Les différences de comportement entre divers sols sont en relation avec les réponses obtenues en fertilisation potassique.

---

1. POULAIN J.-F., SÉDOGO M., MORANT P., 1980. La fertilisation potassique des cultures vivrières et ses effets sur la fertilité de quelques types de sols caractéristiques de la Haute-Volta. In : *Séminaire sur le potassium*, Abidjan, Côte d'Ivoire.

- L'entretien de la nouvelle fertilité. Concernant les phénomènes d'acidification, l'une des conséquences obligées de l'intensification des cultures par le seul emploi des engrais minéraux est la baisse progressive du pH du sol et l'apparition d'une toxicité aluminique (C. Piéri). A Tilmakha (Sénégal) dans une culture continue conduite pendant dix ans, la fertilisation minérale seule entraîne une baisse de fertilité et un jaunissement de l'arachide, qui traduit une baisse de la fixation symbiotique. Les apports de chaux et de fumier empêchent la manifestation du phénomène<sup>1</sup>.

En Haute Casamance (Sénégal), la croissance racinaire du cotonnier est perturbée par une élévation des teneurs du sol en aluminium échangeable. En Haute-Volta, dans un essai de culture continue mis en place en 1960, le chaulage réalisé en 1979 permet de remonter les rendements du sorgho et du cotonnier. D'autres exemples peuvent être cités au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Gabon, en Guyane, à Madagascar et au Rwanda.

Il est donc important de surveiller l'évolution du pH, mais aussi de l'aluminium échangeable présent dans les horizons cultivés, et de poursuivre la mise au point de mesures économiques de relèvement du pH surtout lorsqu'on ne restitue pas les résidus de récolte.

Compte tenu des faibles disponibilités en amendements calcaires, du coût de ceux-ci et des dangers du surchaulage, il est important de disposer d'une méthode fiable et rapide permettant de formuler des recommandations à partir d'analyses de sols représentatives. La méthode de calcul proposée par E.J. Kamprath et C. Piéri, fondée sur la recherche d'un taux de saturation en aluminium du complexe absorbant inférieur ou égal à 15 %, donne satisfaction.

Les phénomènes d'acidification sont souvent liés à la lixiviation des éléments minéraux (Ca, Mg). Au Sénégal, l'utilisation conjointe de capteurs de solution du sol et d'une sonde à neutrons permet d'évaluer avec précision les pertes en eau et en éléments minéraux au-delà de la zone d'extraction racinaire.

Quant aux bilans minéraux, ils constituent la synthèse entre les apports en N, P, K, Ca, Mg et les problèmes de lixiviation et d'acidification. Au Sénégal, le bilan minéral d'une succession arachide-mil est établi en prenant en compte les pertes par lixiviation au-delà de la zone d'extraction racinaire, les exportations minérales par la récolte, les apports par les engrais, les apports météoriques. Le bilan n'est positif que pour le phosphore. Il fait ressortir un fort déficit en cations alcalins Ca, Mg, K, ainsi qu'en N.

On a donc confirmation des risques d'appauvrissement chimique encourus par les sols sableux en zone sahélo-soudanienne, risques particulièrement graves en cas de non-restitution des résidus de récolte et de mauvaise activité fixatrice de l'arachide.

- Dynamique de l'azote dans les sols tropicaux<sup>2</sup>. En ce qui concerne l'évolution annuelle des teneurs en azote minéral, les résultats obtenus au Cameroun

1. WEY J., OBATON M., 1978. Incidence de quelques techniques culturales sur l'activité fixatrice d'azote et le rendement de l'arachide. *L'Agronomie tropicale*, 33 (2) : 129-135.

2. GIGOU J., 1982. *Dynamique de l'azote minéral en sol nu ou cultivé de région tropicale sèche du Nord-Cameroun*. Thèse USTL, Montpellier.

(Jacques Gigou), au Mali et au Niger permettent de dégager quatre phases très distinctes dans le cycle annuel :

- le début de la saison des pluies (mai à juillet), où l'activité microbienne reprend ; en fonction du substrat utilisé par la microflore, il y a minéralisation ou non de l'azote organique ;
- la saison régulièrement pluvieuse (juillet à septembre), où la baisse des teneurs en azote minéral est attribuée à l'absorption par la plante, à la réorganisation et aux pertes par volatilisation et lixiviation ;
- la fin de la saison des pluies et le début de la saison sèche, avec la minéralisation de l'azote du sol et les remontées capillaires des nitrates ;
- la pleine saison sèche, durant laquelle l'activité microbienne est arrêtée. Les teneurs en azote minéral ne varient pas beaucoup.

L'azote assimilable fait l'objet de travaux de recherche à Montpellier, utilisant des techniques isotopiques ( $^{15}\text{N}$ )<sup>1</sup>.

La détermination de l'azote total contenu dans les extraits au KCl donne une très bonne indication sur l'aptitude du sol à fournir de l'azote à une plante en vase de végétation (Charles Egoumenides). Dans un essai de longue durée à Saria (Burkina Faso), on observe que les rendements du sorgho sont étroitement liés aux teneurs du sol en azote extractible par le chlorure de potassium.

Par ailleurs, la capacité du sol à fournir de l'azote à la culture semble liée à l'équilibre des formes de l'azote déterminées par hydrolyse acide, selon le procédé de Stewart. Une nouvelle voie de recherche est ouverte à Montpellier, en 1982 ; elle concerne le dosage des acides aminés obtenus après hydrolyse acide des sols ou de divers substrats organiques. Son application à l'étude de la dégradation des terres de barre au Togo est prometteuse.

Dans l'étude de l'évolution des engrais azotés dans le sol, l'utilisation d'engrais enrichi en  $^{15}\text{N}$  permet de mettre en évidence l'importance considérable des pertes par volatilisation d'ammoniaque dans les sols sableux, quand l'urée est apportée en couverture. De même, les pertes par dénitrification peuvent atteindre 30 à 40 % de l'azote apporté au sol. Ces observations sont susceptibles de remettre en cause l'utilisation des engrais ammoniacaux comme l'urée ou le phosphate d'ammoniaque (Francis Ganry, Jacques Gigou).

Les pertes d'azote par lixiviation sont étudiées dans plusieurs pays, en utilisant des lysimètres de type ORSTOM. Dans la majorité des cas, les pertes d'azote engrais se révèlent faibles lorsque la culture est de bonne venue et que l'engrais est apporté après le semis. Cela n'exclut pas des pertes d'azote minéral importantes (nitriques) en début de saison des pluies. Ce phénomène est important dans les zones soudano-guinéennes où le cycle des cultures est souvent plus bref que le cycle pluviométrique.

L'augmentation du prix des engrais minéraux fait apparaître la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses comme une solution « miraculeuse » pour résoudre le problème de la nutrition azotée des cultures. Les études conduites en collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie ato-

---

1. GANRY F., 1990. *Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche*. Thèse de doctorat d'Etat, université de Nancy.

mique (AIEA) montrent que le fonctionnement de la symbiose fixatrice est fragile. Celle-ci est, en particulier, très sensible au stress hydrique et à l'acidité du sol, ou plus exactement au taux de saturation du complexe absorbant par l'aluminium. Les amendements calcaires deviennent alors indispensables (F. Ganry, J. Wey). Pour les légumineuses cultivées traditionnellement (arachide, niébé), les populations de rhizobium sont en général suffisantes pour induire une fixation efficace et, dans la plupart des sols à activité biologique normale, il est difficile d'introduire des souches plus efficaces. Pour celles d'introduction récente comme le soja, l'inoculation de *Rhizobium japonicum* est presque partout indispensable. Les résultats obtenus au Sénégal par inoculation du sol sont encourageants.

- Le rôle de la matière organique. Les résultats obtenus en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali, Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Cameroun) permettent d'aboutir aux conclusions suivantes<sup>1</sup>.

Il y a nécessité absolue de pratiquer des enfouissements de matières organiques diverses pour le maintien de la fertilité en culture continue intensive. Les exceptions concernent la riziculture en terrain submergé avec contrôle de l'eau et les sols forestiers récemment mis en culture.

L'effet favorable des enfouissements de pailles de céréales, même en l'absence d'azote engrais, ne se manifeste que progressivement et d'autant plus lentement que le niveau de rendement est faible et que la fumure minérale contient plus de potassium. Les matières organiques humifiées, dont l'efficacité semble supérieure à celle des pailles, montrent une action remarquable. Dans les sols sableux de la zone sahélo-soudanienne et plus particulièrement quand la saison des pluies n'est pas précédée de quelques précipitations annonciatrices, l'enfouissement des pailles peut induire des effets dépressifs dus soit à un blocage de l'azote du sol, soit à la présence de composés phénoliques phytotoxiques contenus dans les pailles et qui sont dégradés par la microflore au début des pluies<sup>2</sup>.

Le recyclage des résidus de récolte pose, cependant, beaucoup de problèmes liés aux utilisations traditionnelles (nourriture du bétail, combustible, matériau de construction). Le recensement et l'évaluation des dispositifs en matériaux cellulosiques, leurs modes de restitution font l'objet d'enquêtes en milieu paysan. Les situations sont très diversifiées, en fonction des zones climatiques et des densités de population.

Des voies de recherche nouvelles sont donc explorées :

- recyclage des résidus sur la parcelle cultivée (brûlis, mulch, enfouissement) ;
- recyclage des résidus après transformation en compost ;
- compostage en milieu anaérobie par fermentation méthanogène (en collaboration avec le Comité inter-Etats d'études hydrauliques, cf. chapitre valorisation énergétique) ;
- recyclage des résidus après utilisation par les animaux.

1. SÉDOGO M., 1981. *Contribution à la valorisation des résidus cultureux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride*. Thèse INP, Nancy.

2. BURGOS-LEON W., GANRY F., NICOU R., CHOPART J.-L., DOMMARGUES Y., 1980. Un cas de fatigue des sols induite par la culture du sorgho. *L'Agronomie tropicale*, 35 (4) : 319-334.

Les expérimentations sur le statut organique des sols (Sénégal, Mali, Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Cameroun, Rwanda) et la gestion des résidus culturaux permettent de souligner les points suivants. L'effet des enfouissements de matière organique sur les rendements apparaît d'autant mieux que la fumure minérale est plus modeste et que le niveau de fertilité du sol est plus faible. Les résultats les plus nets sont obtenus sur des sols ferrugineux tropicaux ou ferrallitiques appauvris en argile dans l'horizon de surface. Lorsque les restitutions organiques ont des effets marquants, il n'y a pas de grande différence entre les pailles, les pailles compostées et le fumier, pour peu qu'on apporte une fumure azotée. Dans la plupart des cas où un contrôle analytique serré du sol a été effectué, on n'a pas observé d'effet notable des enfouissements de paille sur les taux de matière organique et d'azote. En zone forestière, même des apports importants de compost ne réussissent pas à stabiliser la teneur du sol en matière organique, douze ans après le défrichement. Il n'est donc pas évident que les bilans humiques, tels qu'établis dans les pays tempérés, aient une signification en milieu tropical.

### LES SYSTÈMES DE CULTURE PLUVIAUX

L'objectif des travaux de recherche est de contribuer à la mise au point de systèmes de production adaptés aux différentes situations agricoles dans lesquelles l'IRAT intervient. Ces systèmes de culture sont « vulgarisables » s'ils répondent à certaines conditions. Ils doivent :

- utiliser et gérer rationnellement les ressources du milieu naturel ;
- se reproduire sans dommage pour le patrimoine foncier des exploitations qui les pratiquent ;
- tenir compte du comportement, des motivations et des moyens des agriculteurs qui les utilisent ;
- valoriser au mieux les facteurs de production (travail, terre, capital) ;
- répondre aux objectifs de développement rural retenus par l'Etat.

De ces conditions découlent l'esprit et la démarche adoptés par les agronomes :

- il faut une bonne connaissance du milieu réel sous ses aspects physiques et humains, à l'échelle de la région, du village ou de l'exploitation. A quelque niveau que ce soit, l'association agronome-agro-économiste est nécessaire ;
- les objectifs de la recherche sur les systèmes de production doivent se déduire des objectifs du développement rural ;
- les agronomes de recherche sur ces systèmes de production intègrent et synthétisent les acquis scientifiques des chercheurs spécialisés. La démarche devient pluridisciplinaire.

Ce processus est mis en application par les agronomes de l'IRAT, en étroite coopération avec leurs collègues des systèmes nationaux de recherche agronomique, en de nombreuses situations, de 1974 à 1984, même si la méthode évolue au cours du temps. Le tableau suivant donne un aperçu des opérations de recherche les plus significatives et des principales phases de la démarche, même si, au cours du temps, certaines phases ont été regroupées.

## Les opérations de recherche

Opération de recherche	Pays	Objet
Zonage en entités agro-socio-économiques ou situations agricoles spécifiques	Burkina Faso	Zonage dans le cadre du projet d'aménagement des vallées des Voltas <sup>1</sup>
	Niger	Zonage agro-écologique du département de Maradi
	Côte d'Ivoire	Zonage agro-écologique pour le développement des cultures vivrières dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire
Connaissance des milieux ruraux et de leur dynamique	Côte d'Ivoire	Typologie des exploitations et déterminisme des prix pour les systèmes de production en économie de plantation <sup>2</sup> Evolution des structures de production en zone de savane Amélioration de la productivité des systèmes de production en zone forestière
	Sénégal	Enquêtes régionales sur la culture attelée <sup>3</sup> Economie des céréales dans le bassin arachidier Etude des structures d'exploitation en zone de motorisation
	Haute-Volta (Burkina Faso)	Connaissance des systèmes de culture et d'exploitation
	Venezuela	Diagnostic agro-climatique par la caractérisation et la gestion de l'agrosystème Zone pilote de l'Etat de Falcon
	Bésil	Etude des systèmes de production dans l'Etat de Maranhão (Lucien Séguv)
Elaboration de référentiels techniques	Côte d'Ivoire	Techniques de préparation du sol en zone de savane Systèmes techniques de culture et maîtrise technique de l'enherbement en zone de savane Etablissement d'un système technique de référence pour les cultures vivrières dans le Sud-Ouest ivoirien
	Sénégal	Itinéraires techniques de préparation du sol en zone soudano-sahélienne Définition d'un système de production maïs-soja Motorisation intermédiaire en culture pluviale Association agriculture-élevage dans le centre-nord du Sénégal
	Haute-Volta (Burkina Faso)	Systèmes techniques possibles en pays mossi Elaboration de systèmes de culture à faibles intrants Binômes cultureux dans les vallées des Voltas
	Cameroun	Valorisation du travail par l'association maïs-soja Amélioration des systèmes de production en zone forestière Riziculture manuelle ou mécanisée en plaine des M'Bos <sup>4</sup>
	Togo	Régénération des terres de barre par l'intensification <sup>5</sup>

(suite)

Opération de recherche	Pays	Objet
Tests et appropriation de nouveaux systèmes par les paysans	Côte d'Ivoire	Introduction de la culture attelée et son développement en Côte d'Ivoire
	Sénégal	Suivi-évaluation des opérations post-récolte au Sénégal
	Brésil	Proposition de systèmes améliorés au Brésil
	Togo	Utilisation de phosphates naturels au Togo
Participation aux opérations de développement	Sénégal	Structures et systèmes de production, les Unités expérimentales <sup>6</sup>
	Côte d'Ivoire	Analyse des systèmes de production en région des savanes et en région forestière de Côte d'Ivoire
	Comores	Développement de la culture du maïs aux Comores
	Venezuela	Contribution à un projet pilote de recherche-développement en zone aride

1. TEISSIER J., 1982. *Recherche-développement et projet de développement : gestion de l'espace rural. Cas du projet d'accompagnement des Vallées des Voltas*. Montpellier, IFARC.

2. RUF F., 1984. Quelle intensification en économie de plantation ivoirienne? *L'Agronomie tropicale*, 39 (4) : 367-382.

RUF F., 1981. Le déterminisme des prix sur les systèmes de production en économie de plantation ivoirienne. *Cahiers du CIRES*, Abidjan.

3. RICHARD J.-F., 1982. Quinze années de diffusion de la traction bovine au Sénégal. Le cas des unités expérimentales du Sine-Saloum (1966-1980). *Machinisme agricole tropical*, 77 : 22-38.

4. SEGUY L., GIGOU J., RAUNET M., 1976. Un exemple de relations étude physique du milieu, expérimentation agronomique, mise en valeur. La culture du riz dans la plaine des M'Bos (Ouest-Cameroun). *L'Agronomie tropicale*, 31 (2) : 114-140.

5. MARQUETTE J., 1986. Maintien et amélioration des rendements du maïs sur terres de barre dans le sud du Togo. *L'Agronomie tropicale*, 41 (2) : 149-153.

6. BENOIT-CATTIN M., 1982. Quelques leçons du projet Unités expérimentales du Sénégal. In : *Colloque recherche-développement*, Montpellier, IFARC.

A partir de 1984, les opérations de recherche seront ordonnées par grandes zones écologiques, qui correspondent à des axes de recherche spécifiques :

- en zone sahélo-soudanienne, association agriculture-élevage (nord du Burkina Faso au Yatenga, nord-est du Sénégal, Nordeste Brésilien) ;
- en zone soudanienne et soudano-guinéenne à une saison des pluies, développement de la mécanisation et problèmes liés au passage de la culture attelée à la motorisation (centre du Sénégal, centre et ouest du Burkina Faso, zone CMDT au Mali, savane de Côte d'Ivoire) ;
- en zone soudano-guinéenne à deux saisons des pluies, mise au point de techniques culturelles telles que la lutte contre les mauvaises herbes et la dégradation des sols, en différenciant les zones de savane et les zones forestières (centre et zone forestière de Côte d'Ivoire, SODERIM, Société de développement de la riziculture dans la plaine des M'Bos, au Cameroun), et développement du soja (ouest du Cameroun) ;
- en zones montagneuses tropicales densément peuplées, mise au point de systèmes de culture et de production plus diversifiés (Hauts de l'Ouest à La Réunion, Comores)<sup>1</sup> ;
- dans les zones équatoriales humides, en Guyane.

1. SUBREVILLE G., M'SAIDIE K., 1984. *Développement de la culture du maïs aux Comores. Rapport annuel*. Moroni, CEFADER.

## Conclusion

A l'IRAT, entre les années 1960 et 1986, les recherches en agronomie sont en constante évolution. A partir d'études très spécifiques sur la fertilisation des cultures annuelles visant à une augmentation rapide et rentable de la production, les recherches sont orientées vers une modification profonde des propriétés du milieu, du sol en particulier. On considère que l'utilisation de la fumure minérale doit s'inscrire dans un système de culture qui permette au sol d'exprimer toutes ses potentialités, physiques chimiques ou biochimiques. Les notions de fertilité actuelle et de fertilité potentielle conduisent à une définition des objectifs à atteindre, à savoir amener à l'optimum les facteurs modifiables par l'homme.

Cela commence par la mise au point de techniques agronomiques permettant d'approcher au plus près cette fertilité potentielle, en faisant appel, si nécessaire, aux études explicatives des phénomènes : dynamique de l'azote, rôle spécifique de la matière organique, évolution des propriétés physiques, carences minérales et corrections, maintien de la fertilité sont les différents domaines systématiquement explorés. Les résultats importants obtenus et l'élaboration de techniques adaptées posent alors le problème de leur application en milieu paysan.

La priorité est accordée à la mise au point de systèmes de production par la conjugaison de deux approches : connaissance du milieu naturel, de ses ressources, ses tendances, ses contraintes ; recherche des potentialités des sols par unité de milieu ou de paysage.

L'agronomie doit donc déboucher sur des systèmes de production directement applicables en milieu paysan, grâce à une adéquation complète entre le milieu soigneusement étudié et des techniques bien adaptées au contexte.

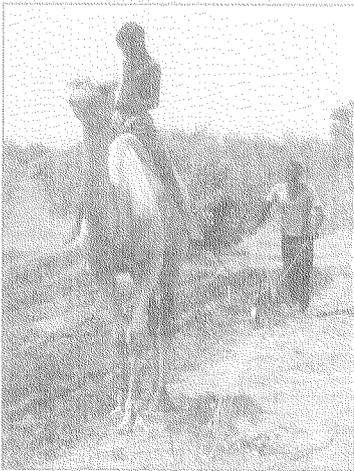
Les résultats des recherches conduites en agronomie répondent, dès lors, aux demandes des développeurs, non pas en proposant seulement des recettes partielles visant à satisfaire des besoins immédiats, mais en organisant une évolution progressive du milieu. Cependant, les phénomènes biologiques évoluent trop lentement et une amélioration progressive du milieu ne satisfait pas les plus impatientes des économistes, politiques et financiers. Aussi, la démarche des agronomes de l'IRAT ne rencontre-t-elle pas toujours l'adhésion des développeurs qui la qualifient de trop théorique, malgré les résultats spectaculaires obtenus dans de nombreuses situations.



Labour de fin de cycle :  
polyculteur voie  
variable à traction  
bovine. (© R. Nicou)

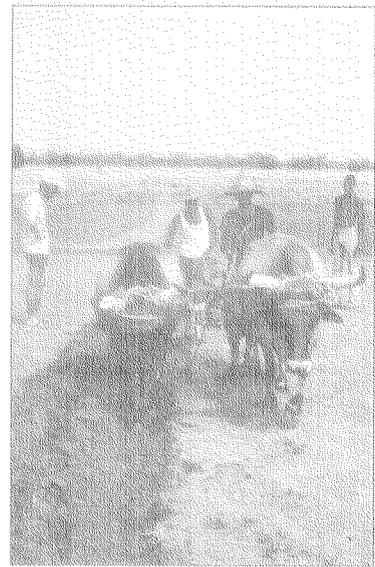


Labour de fin de cycle :  
multiculteur Ariana à traction  
bovine. (© R. Nicou)



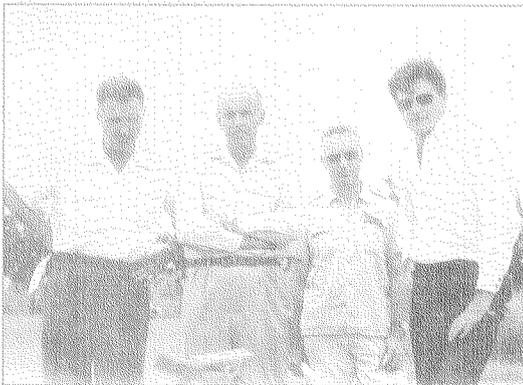
Dromadaire au labour, Yatenga,  
Burkina Faso. (© R. Nicou)

Labour de fin de cycle  
avec placement  
de matière sèche  
en fond de sillon. (© R. Nicou)



Essai de travail  
du sol, Bamboey, Sénégal.  
(© R. Nicou)

MM. Blanchard, chef de la mission française  
d'aide et de coopération, Argod, ambassadeur  
de France, Bertrand et Blondel.



Travail de défonçage avec caterpillar équipé  
d'un ripper à 5 dents, Burkina Faso.

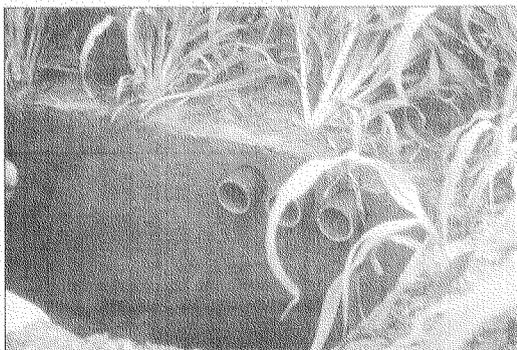




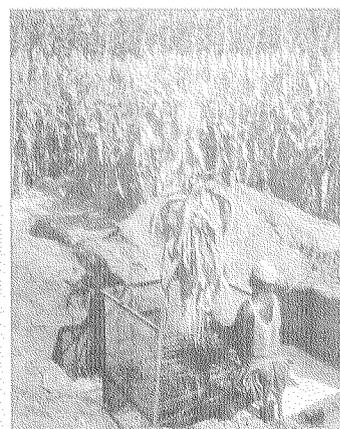
Arachide de 25 jours, effet de la profondeur de travail du sol, Samanko, Mali. (© R. Nicou)



Radiculoscope de Chopart, Bambey, Sénégal. (© R. Nicou)

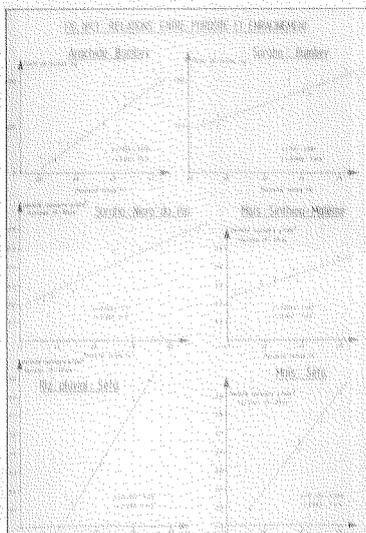


Prélèvement de racines par cylindres horizontaux



Mise en œuvre du radiculoscope sur sorgho. (© R. Nicou)

38

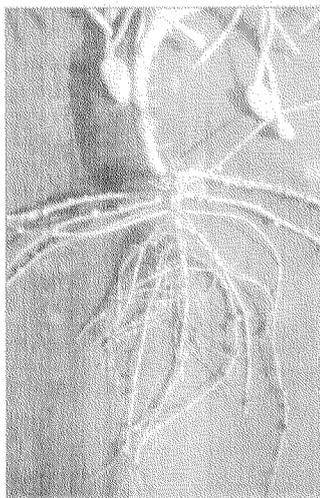


Relation entre porosité et enracinement. (© R. Nicou)

Sorgho SB66-42, labour à 18 cm, préparation du sol, Mali.



Nodosités sur un pied d'arachide. (© R. Nicou)



# L'étude des sols, la pédologie

## L'agronomie et la pédologie avant l'IRAT

39

Dans l'immédiat après-seconde guerre mondiale, se manifestent un peu partout en Afrique de sérieuses préoccupations concernant la fragilité des sols tropicaux, le mythe de leur fertilité inépuisable, les dommages qui peuvent leur être causés par l'application irréfléchie de méthodes de culture directement importées de pays européens ou nord-américains. La parution d'un livre (déjà cité) qui fait grand bruit à l'époque, *Afrique, terre qui meurt*, de J.-P. Harroy, traduit bien cet état d'esprit. Il en est de même de la Conférence africaine des sols de Goma, au Congo belge, en 1948. L'ensemble des nombreuses communications présentées à cette conférence par la recherche agronomique française montre que des études sur les sols sont, dès cette époque, entreprises dans la plupart des colonies, mais que, suivant les pays, elles sont très inégalement approfondies. Le pays le plus avancé à cet égard est sans conteste le Sénégal, grâce aux importants travaux de Serge Bouyer et Jacques Dubois. Ils sont exposés de façon détaillée lors de la conférence et donnent une première vue d'ensemble sur les principaux sols rencontrés au Sénégal, leurs caractéristiques, leur répartition et leurs aptitudes culturales.

Si la recherche agronomique tropicale française n'a pas attendu la conférence de Goma pour entreprendre des études sur les sols, il n'en est pas moins vrai que cette rencontre va contribuer à leur renforcement et leur systématisation, notamment en ce qui concerne l'érosion et la conservation des sols, ainsi que la cartographie pédologique à moyenne et grande échelle. Des « bureaux des sols » sont créés à l'échelon des fédérations A-OF et A-EF, ainsi qu'à Madagascar, pour rassembler l'information, recenser les besoins, coordonner et stimuler les recherches.

Les études sont réalisées tant par les chercheurs rattachés aux services de l'agriculture que par les pédologues de l'ORSTOM. Pour n'évoquer ici que

les premiers, leur activité s'exerce surtout en A-OF et à Madagascar. Au Sénégal, Jacques Faure, Paul Bonfils et Claudé Charreau poursuivent et développent les travaux de S. Bouyer et J. Dubois, portant sur la caractérisation des sols de la zone sahélo-soudanienne, leur cartographie et leur évolution sous culture. Les recherches en cases lysimétriques initiées par S. Bouyer sont poursuivies. C'est l'époque des grands projets de culture motorisée, tels ceux mis en œuvre par la CGOT (Compagnie générale des oléagineux tropicaux) en Casamance, par le Bloc expérimental de l'arachide de Boulel-Kaffrine, au Sénégal. Ces projets donnent lieu à des études assez approfondies et prolongées dans le temps, sur le comportement des sols et leur évolution sous culture motorisée.

Les sols de vallée et de bas-fond aptes à la riziculture sont étudiés dans divers pays d'A-OF, mais surtout en Guinée par Pierre Vérot. A Madagascar, ces mêmes sols font l'objet d'études assez poussées de la part de Pierre Roche et Roger Didier de Saint-Amand, notamment au lac Alaotra. Dans cette même région, les études portent également sur les sols ferrallitiques des collines ou « tanety », comme dans le cas de la vallée témoin d'Antandrokomby, avec un suivi des évolutions des caractéristiques des sols en cases lysimétriques. En A-EF et au Cameroun, des études similaires sont conduites, mais par des chercheurs de l'ORSTOM, par manque de personnel spécialisé dans les services de l'agriculture.

## L'étude des sols et la pédologie à l'IRAT

Dans ce très vaste domaine, on peut distinguer deux grands axes :

- les recherches sur la fertilité des sols, leur amélioration par la fertilisation et les techniques culturales, leur protection contre l'érosion et leur évolution sous culture, toutes recherches que l'on qualifiait alors d'« agrologiques » ;
- les études pédologiques proprement dites, portant sur la caractérisation des sols, leur formation et évolution, leur place dans la classification, les relations sur le terrain entre les différents types de sols, la cartographie pédologique et les aptitudes culturales.

Il n'y a, bien sûr, pas de cloison étanche entre ces deux catégories et il est non seulement utile mais nécessaire qu'il y ait de constantes interactions entre elles. Si à l'IRAT, dès l'origine, ces deux démarches sont conduites simultanément, il faudra attendre quelques années pour qu'il y ait de véritables interactions entre elles. Les travaux agrologiques sont conduits, pour l'essentiel, par des agropédologues et agronomes en poste outre-mer, travaillant dans le cadre ou à partir des stations agronomiques confiées en gestion à l'IRAT. Ces travaux ont été abordés précédemment.

Les études pédologiques sont, quant à elles, pour la plus grande part (sauf à Madagascar), réalisées par des pédologues affectés au siège de l'IRAT en France et intervenant sur le terrain pour des opérations définies, délimitées dans le temps et généralement financées par des conventions particulières. Ces études font l'objet du présent chapitre. Quelques considérations s'imposent, cependant, en préalable. Pendant toute l'existence de l'IRAT, lesdites études se sont orientées vers la production de cartes, si bien que, dès le début, un laboratoire de cartographie a été associé à ses activités. L'identité de la pédologie n'a jamais été contestée, même si parfois son rôle a pu susciter quelques

discussions. Comme au cinéma, elle s'est souvent hissée au niveau des excellents seconds rôles, sans être vraiment une star de la maison. Le terrain a constamment été son domaine d'action. Deux conséquences en découlent :

- sur le plan humain, des caractères marqués chez les pédologues, parfois entiers, un tantinet frondeurs, souvent individualistes ;
- sur le plan professionnel, des réflexions méthodologiques intenses, alimentées par l'observation permanente du milieu. Il en est résulté un nombre considérable de publications qui ont fortement contribué au renom de l'IRAT.

La pédologie a, cependant, toujours été confrontée à deux options souvent contradictoires : celle de bureau d'études, consistant à réaliser des opérations sur conventions, utiles pour la bonne santé financière de l'Institut ; celle de son intégration dans les activités scientifiques de l'agronomie. L'histoire montre que l'équilibre est difficile à trouver et que, finalement, les lois du marché guident souvent l'action.

Le cadre étant posé, et quelle qu'ait pu être l'ampleur de ces oscillations, les travaux des pédologues se sont toujours focalisés sur la mise en valeur des sols et l'amélioration de la production agricole ; c'est pourquoi l'esprit agronomique ne leur a jamais été contesté. Cinq périodes jalonnent l'histoire de la pédologie à l'IRAT, à partir de sa création.

### **De 1960 à 1965 : la mise en place**

Durant les premières années d'existence de l'IRAT et après l'installation de ses services scientifiques centraux à Nogent-sur-Marne, en 1962, l'étude des sols s'est insérée dans l'agronomie générale. Dans ce cadre et dès ses débuts, l'IRAT se fixe comme objectifs de traiter aussi les problèmes d'agronomie régionale permettant de déceler les freins agronomiques au développement agricole, d'évaluer ces freins (en nature, intensité, extension) et de monter des opérations destinées à les supprimer. Cette vision des choses, concernant le milieu, débouche sur la volonté de définir les aptitudes culturelles des diverses régions où s'engagent des actions de développement.

L'acte de naissance de la pédologie à Nogent-sur-Marne ainsi signé, le service est incorporé à la division des sols et de phytochimie. Il compte alors deux chercheurs : J.-H. Durand et R. Didier de Saint-Amand. Une doctrine est mise au point, pour montrer comment le pédologue peut orienter le choix de la localisation des structures d'expérimentation agronomique, pour en accroître au maximum l'efficacité et la rentabilité en fonction de l'extension ou de l'intérêt économique des divers types de sols rencontrés.

Au cours de cette période où la doctrine agronomique n'est pas encore bien énoncée, il est reconnu, en préalable, que la connaissance des sols permet de délimiter des ensembles pédologiques homogènes et également d'établir une « hiérarchie » fondée sur leurs aptitudes culturelles. Cette connaissance rend possible l'établissement d'un ordre d'urgence dans les expérimentations à réaliser, tout en évitant des dispersions coûteuses. De la sorte, les résultats acquis sur un point d'expérimentation peuvent être généralisés à l'ensemble de la zone agropédologique correspondante, après essais de confirmation ou d'adaptation en réseau multilocal.

Une telle doctrine est appliquée dès les années 1960 au Sénégal, au Niger et à Madagascar. Elle débouche, *ipso facto*, sur l'établissement de cartes pédo-

logiques qui deviennent l'un des outils reconnus par les agronomes et utilisés par eux. Le pédologue bénéficie donc, dès le départ, du développement de recherches concernant le milieu, en particulier celles ayant trait au sol.

Dès 1962 (avril-mai) est adjoint au service de pédologie du Jardin tropical de Nogent un laboratoire de cartographie, équipé rapidement en matériel de production de cartes, avec deux dessinateurs. La réunion des pédologues et cartographes s'opère et cette collaboration va se perpétuer. Parallèlement, les années 1960 voient, dans l'outre-mer, une prodigieuse augmentation des demandes d'études pédologiques, pour entreprendre des opérations d'aménagement et de mise en valeur régionale, lancées à l'indépendance des territoires de l'Union française. C'est la grande période des « conventions », qui permettent à la recherche de répondre aux préoccupations des développeurs, désireux de mieux appréhender les potentialités régionales en matière d'agriculture.

Cette brusque montée de la demande est à l'origine de la création outre-mer de structures d'étude des sols pour compléter l'action de Nogent-sur-Marne. C'est ainsi qu'un service de pédologie vient renforcer, dès 1962, la division d'agronomie de l'Institut de recherches agronomiques de Madagascar (IRAM), alors agence malgache de l'IRAT. Les études sont orientées au départ vers la recherche de sols aptes à recevoir des cultures industrielles : arachide, cotonnier, riz, canne à sucre, palmier à huile, cocotier, etc. Dès cette époque, l'effectif des pédologues (J. Kilian, L. Bouchard, M. Damour, Ngo Chan Bang, M. Raunet, F. Thibout, M. Treyer) augmente rapidement pour répondre aux demandes émanant des ministères, des sociétés de développement et même d'entreprises privées.

On peut affirmer également que, à cette époque, la pédologie, associée étroitement à l'agronomie, tente de répondre à l'opinion formulée par H. Perrier de la Bathie, au début du siècle, affirmant « qu'avant d'être mis en valeur, un sol devait être bien étudié et connu ». Et l'occasion faisant le larron, on peut aussi affirmer que c'est pendant cette période qu'apparaissent les premiers germes de l'esprit « bureau d'études » qui va marquer plus tard la pédologie de l'IRAT. Il est généré par les pédologues eux-mêmes, et ne sera pas freiné par la direction de l'IRAT car, déjà, apparaît l'attrait des ressources propres.

La prospection des marchés devient un jeu et s'ajoute à celle des sols... Cet état d'esprit contribue, sans aucun doute, par une certaine autonomie que la pédologie se ménage ainsi, à l'isoler partiellement des objectifs scientifiques de l'agronomie générale, donc de l'IRAT. Un corps étranger s'est-il forgé, vivant par lui-même et, selon certains esprits chagrins (ou clairvoyants...), pour lui-même ? Peut-être va-t-on l'oublier quelque peu... et les pédologues eux-mêmes, actifs, joueurs, heureux, contribuent sans doute à entretenir cet oubli...

#### **De 1965 à 1970 : l'isolement**

La raison fondamentale de cet isolement d'apparence, scientifique bien sûr, par rapport à l'agronomie générale se situe probablement aussi dans l'intensité des recherches thématiques conduites par la division d'agronomie sur les sols tropicaux : bilan de l'azote, rôle spécifique de la matière organique, tra-

vail du sol, facteurs physiques de la fertilité, correction des carences du sol, entretien de la fertilité dans le cadre de systèmes de culture.

Des réponses urgentes sont souhaitées. Elle absorbent (surtout entre 1965 et 1970) l'essentiel des efforts de la division d'agronomie et des agences outre-mer. Le rapport intitulé *Dix années d'activités IRAT, 1960-1970* est, à cet égard, significatif. Contrairement au précédent bilan (1960-1965), aucune mention n'est faite des études de sols et de la cartographie... Et cependant, au sein de la division d'agronomie, le service de pédologie, avec son laboratoire de cartographie, existe toujours. Il conduit ses activités sur conventions, l'IRAT lui servant d'hôte logistique et administratif.

Les activités se développent à partir de Nogent-sur-Marne, avec des études pédologiques au Sénégal, en Mauritanie, en Algérie, à La Réunion. C'est durant cette période qu'est conduite la mémorable étude hydroagricole du fleuve Sénégal, réalisée pour le compte de la FAO par la Société d'études et de développement agricole (SEDAGRI), regroupant à cette occasion le Bureau pour le développement de la production agricole (BDPA) et l'IRAT. Sous la direction de J.-H. Durand, cinq pédologues participent à cette longue aventure : les deux pédologues du siège, J.-H. Durand et R. Didier de Saint-Amand, auxquels sont adjoints, pour la circonstance, Gora Bèye, B. Le Buanec et M. Mutsaers. Douze mille kilomètres carrés sont prospectés, 34 cartes pédologiques éditées à 1/50 000 et autant pour les aptitudes culturales. Pour la première fois, à l'IRAT, sont introduites, dans les légendes des cartes, les unités géomorphologiques explicatives des types de sols existants.

Parallèlement, à Madagascar, l'esprit convention se consolide pour répondre à une demande qui ne cesse de croître pour le lancement d'opérations régionales d'aménagement et de mise en valeur. Malgré leurs nombreuses contraintes (notamment de temps), ces prospections sont l'occasion de poursuivre les recherches scientifiques sur la formation, l'évolution, la classification des sols malgaches. On citera notamment les études sur les sols salés dans le nord-ouest et l'ouest de Madagascar, sur l'existence et la genèse des sols brun-rouge steppiques au sud de Tuléar, sur la genèse et la cartographie des formations sableuses littorales de la côte est de Madagascar.

Cette période d'intense activité nécessite le renforcement du nombre de pédologues affectés à Madagascar, qui devient, pour un temps, le terrain de formation des jeunes pédologues IRAT diplômés de l'ORSTOM. Ces quelques années d'études cartographiques, menées avec un comportement de bureau d'études, portent leurs fruits. Les ressources propres ne sont pas négligeables et les retombées scientifiques, axées sur l'identification des problèmes que pose l'utilisation agricole des terres, finissent par intéresser les agronomes. En conséquence, la direction générale de l'IRAT décide, en 1970, de renforcer, à Nogent-sur-Marne, le service de pédologie qui entame alors sa période d'or.

### **De 1970 à 1977 : l'essor**

Parmi les nombreuses raisons pouvant expliquer, à cette époque, l'essor de la pédologie, on retiendra d'abord :

– la demande très forte d'études sur conventions ;

- l'action très positive et grandissante de la connaissance cartographique du milieu dans le démarrage des projets de mise en valeur agricole, notamment par la mise en évidence des contraintes agronomiques;
- l'idée que, certaines contraintes majeures étant levées, on peut augmenter considérablement la productivité des sols tropicaux, qui révèlent des potentialités élevées.

Ces idées, parmi d'autres, sont discutées lors des réunions de la division d'agronomie à Bouaké, en 1969, réunions au cours desquelles six points sont définis, dans le cadre d'une programmation des recherches.

Le premier d'entre eux concerne l'identification et la caractérisation des grandes unités écologiques et des types de milieux physiques rencontrés, préoccupation à la mesure des pédologues. Les objectifs sont l'identification des contraintes que les types de milieux cartographiés opposent à la mise en valeur agricole, l'étude des aptitudes culturales et la conduite de réflexions sur l'implantation des essais agronomiques.

Cette période, 1970-1977, est celle d'une prodigieuse activité pour la pédologie à l'IRAT; l'effectif est renforcé pour répondre à une demande accélérée d'études que le service négocie lui-même auprès des bailleurs de fonds. En outre, des changements interviennent au sein du personnel. J.-H. Durand et R. Didier de Saint-Amand, pionniers du bureau d'études, quittent l'IRAT, tandis que J. Kilian prend, en 1970, la direction du service de pédologie. Une douzaine de pédologues y travaillent à titre permanent ou temporaire, réalisant un nombre considérable d'études, principalement en Afrique et à Madagascar, mais aussi dans plusieurs pays d'Asie et d'Amérique du Sud (Alain Angé, Roger Bertrand, Gérard Bourgeon, Serge Bouzinac, Marinus Brouwers, Christian Féau, Serge Guillobez, Frédéric Jenny, Edouard Latrille, Michel Raunet, Georges Subreville, Jacques Teissier, Serge Valet).

Le système de la « couchette chaude », propre aux sous-marins, est pratiqué par la force des choses, en raison de l'exiguïté du pavillon de la pédologie : tout pédologue partant en tournée cède son bureau à celui qui revient. C'est à cette époque également, au début des années 1970, que le laboratoire de cartographie, pour augmenter la production, est équipé d'un matériel moderne ; l'Institut géographique national (IGN) est alors d'une aide précieuse pour la mise en place des nouvelles méthodes d'élaboration des cartes et par le détachement d'un de ses agents, J.P. Rosselli, pour assurer cette reconversion nécessaire. Après le départ de ce dernier, Christian Gounel assurera la direction de l'atelier de cartographie.

De cette intégration permanente au terrain, où l'œil du naturaliste s'impose pour comprendre le fonctionnement du milieu, naissent des réflexions qui constituent les bases de la doctrine IRAT, encore en vigueur, en matière de cartographie du milieu physique.

Le double numéro de *L'Agronomie tropicale* (1974, n° 2-3), intitulé « Aménagement écologique. Réflexions méthodologiques, exemples régionaux », fait le point sur les conceptions de travail du service de pédologie de l'IRAT, émises dès 1970 ; ce numéro donne en exemple des études régionales menées selon les idées exposées, à l'élaboration desquelles deux personnalités du monde scientifique, J. Tricart et G. Gaucher, ont largement participé.

C'est ainsi que sont définis les objectifs de l'IRAT en matière d'étude de sols et de cartographie :

- au sein de l'IRAT, intervenir dans le choix de l'implantation des parcelles d'essais pour apprécier l'extrapolation géographique des résultats de l'expérimentation agronomique et l'utilisation la plus raisonnable des terres dans l'écologie étudiée ;
- dans l'étude de projets de mise en valeur, élaborer une méthodologie (cartographie en particulier) visant à la connaissance globale du milieu physique et débouchant sur des propositions pour la mise en valeur et l'aménagement des terres, tout en améliorant les délais d'exécution des études.

La pédologie seule, axée sur la typologie, ne peut prétendre répondre à ces questions. L'atteinte des objectifs nécessite une approche interdisciplinaire essentiellement fondée sur l'étude des interactions procurant au milieu physique sa dynamique d'évolution.

La priorité est donnée aux liaisons géomorphologie-pédologie-expérimentation agronomique. Le milieu physique et les mécanismes qui le façonnent étant mieux perçus et délimités spatialement, l'expérimentation agronomique peut être implantée logiquement dans les types de milieux caractéristiques : sa représentativité est de la sorte mieux évaluée et mesurée. La cartographie est donc d'une aide précieuse pour la recherche agronomique adaptée au développement. La démarche suivie (morphopédologie) consiste à accéder à la connaissance du milieu physique dans sa description comme dans sa dynamique. Elle vise donc à analyser les diverses composantes de ce milieu, climat, relief, matériaux, végétation, morphogenèse, pédogenèse, et la manière dont ces composantes interfèrent. Ainsi sont définies des portions de territoire possédant une structure, une évolution et des problèmes communs. Ces portions de territoire sont dénommées « unités morphopédologiques » ; elles sont l'expression de systèmes naturels.

Une telle démarche s'écarte des méthodes classiques consistant à ne représenter que certains aspects du milieu, analysés séparément. Le sol, par exemple, n'est pas ici la base de l'unité cartographique, mais il constitue l'une des composantes des unités cartographiées, à savoir un système naturel formant un paysage. Cette approche permet aussi, dans de nombreux cas, d'établir des relations particulièrement intéressantes entre sols et aptitudes culturales, ou encore entre paysages et systèmes d'aménagement.

Appliquée au développement rural, cette démarche a, sans aucun doute, joué un rôle déterminant dans l'obtention de très nombreux marchés d'études cartographiques, très en vogue à l'époque. Elle a permis aussi à la pédologie de tenir, enfin, une place honorable lors de la réunion agronomie de juillet 1974. A cette occasion, une réflexion assez complète sur le concept des aptitudes culturales est exposée.

Survient la décentralisation des services scientifiques et des laboratoires de l'IRAT à Montpellier, en septembre 1974. Dans l'immédiat, ce déménagement est bénéfique pour le service de pédologie qui peut enfin se loger convenablement. Le système de la « couchette chaude » est remplacé par celui des cabines confortables des navires de croisière... C'est surtout le laboratoire de cartographie qui en bénéficie : une vaste salle lui est consacrée et tout un équipement moderne d'élaboration de cartes peut y être

installé. Désormais, les techniques les plus actuelles de l'édition sont utilisées : tracé sur couche, photocomposition, sélection de teintes, combinés-films, impression offset ; les qualités des cartes produites contribuent largement à la diffusion d'une bonne image de marque de l'Institut. En outre, une gestion rigoureuse permet de proposer, pour chaque cas, des coûts d'édition très compétitifs.

De nombreuses conventions sont alors en cours, les plus importantes qu'ait connues l'IRAT depuis l'aventure du fleuve Sénégal. Il faut recruter plusieurs pédologues sur contrats temporaires et l'effectif en compte plus de douze... C'est de Montpellier que sont conduites les études des périmètres sucriers en Côte d'Ivoire, des périmètres de colonisation en Haute-Volta pour le compte de l'Aménagement des Vallées des Voltas (AVV), la poursuite de l'opération Comores, pour ne citer que les études les plus lourdes. L'activité est intense sur le terrain, outre-mer, comme sur le plan des publications, méthodologiques et scientifiques ; le carnet de commandes est plein et les budgets d'opérations confortables, ce qui permet une modernisation périodique des équipements. Des événements vont, cependant, amorcer le déclin des activités de bureau d'études et modifier progressivement le cours des opérations du service de pédologie.

#### **De 1978 à 1987 : le déclin des activités bureau d'études, la nouvelle programmation**

46

Plusieurs facteurs expliquent la diminution de la demande d'études :

- la crise pétrolière de 1974, qui provoque une réduction importante des crédits affectés aux études ;
- la mise en place progressive, à partir de 1975, dans plusieurs pays africains, de services pédologiques nationaux, ceux-ci prenant à leur compte les marchés réservés auparavant aux organismes français ;
- probablement aussi, l'éloignement de Paris, ce qui réduit considérablement la permanence des contacts efficaces avec les bailleurs de fonds traditionnels.

Cette situation préoccupante, essentiellement sur le plan financier, est à l'origine de très nombreuses réflexions au sein de l'IRAT, qui débouchent sur une série de décisions, parfois antinomiques. La première est le renforcement de l'action commerciale en liaison avec le Bureau d'études et marchés (BEM) nouvellement créé (1977), les missions de prospection des marchés sur fonds propres s'ajoutant, un temps, à celles de prospection des sols, plus rémunératrices. L'édition d'une plaquette bilingue, *Terres et cartes* (1980), pour valoriser les produits est lancée, ainsi que la comptabilité analytique pour évaluer le bilan financier. Enfin, l'individualisation de la pédologie en un service indépendant (1982) souligne le caractère opérationnel de ses activités de bureau d'études.

La pédologie est intégrée dans la nouvelle programmation scientifique lancée en 1977. Elle assure dès le début, avec l'agronomie, la coresponsabilité du programme « Connaissance et amélioration du milieu physique », ce qui contribue également à la diminution des activités de bureau d'études. Cette coresponsabilité a le grand mérite, à l'IRAT, de clarifier l'approche du milieu sur le plan des méthodes et d'établir de réelles passerelles entre pédologues et agronomes. Dans l'articulation du programme, en effet, la distinction est faite entre deux ensembles constitués par les problèmes que pose

l'aménagement de l'espace rural et ceux que posent les systèmes de culture et de production.

Cette distinction est justifiée par la différence d'échelle à laquelle ces questions sont souvent appréhendées. Les problèmes d'aménagement ou de mise en valeur sont, en effet, généralement perçus à l'échelle du paysage ou de la région naturelle ; ceux concernant les productions végétales se posent, le plus souvent, d'abord à l'échelle de la parcelle culturale et de l'exploitation agricole, mais aussi, de plus en plus, à l'échelle des systèmes agraires et des communautés rurales.

Cette différence dans les niveaux de perception (échelle) a pour conséquence des méthodes d'étude et des modes d'expression différents. Dans le premier cas, l'extension spatiale des phénomènes joue un grand rôle et les méthodes d'étude et de représentation font largement appel à la cartographie. Dans le second, l'évolution dans le temps des problèmes de culture oblige souvent à des observations répétées, à la mise en place de dispositifs permanents et à une expression fréquentielle ou évolutive des résultats.

Sur le plan pratique, cette distinction se traduit par deux volets d'intervention au sein du programme. Le premier concerne la connaissance du milieu, c'est-à-dire l'étude de ce milieu en vue de l'identification des facteurs qui limitent sa productivité ou qui constituent des risques de dégradation. Le second porte sur l'utilisation et l'amélioration du milieu, c'est-à-dire sur la recherche de solutions techniques qui autorisent ou améliorent l'utilisation agricole de ce milieu. Une telle distinction est jugée nécessaire en raison de la différence de nature des produits attendus et des méthodes d'intervention.

C'est dans le cadre de cette programmation, et en vue d'une diversification de ses activités, que débutent, au sein du service de pédologie, les premières recherches en télédétection spatiale. En novembre 1978, un contrat de « recherche jointe » est signé entre le centre scientifique d'IBM France et le service de pédologie de l'IRAT, coopération qui a pour but de rechercher les possibilités d'application du traitement d'images numériques Landsat dans l'identification et la cartographie d'éléments du milieu naturel intéressant le développement agricole du tiers-monde. Dans cette recherche, l'IRAT apporte sa compétence thématique et IBM le support d'une équipe d'informaticiens, de même qu'un équipement approprié (terminal de traitement d'images IBM 7350 Hacienda et logiciel de classification d'images développé par le centre scientifique).

Cette coopération, très bénéfique, va durer plus de huit années, en utilisant d'abord des données Landsat, puis celles du satellite Spot. Elle débouche sur la mise au point d'une méthodologie associant observations de terrain et traitements numériques, qui conditionne les recherches ultérieures. Elle est relayée par une coopération avec le Centre d'études de géographie tropicale (CEGET-CNRS) et l'IGN. A partir de 1988, après la création du laboratoire de traitement d'images numériques du CIRAD à Montpellier, les recherches seront menées de façon plus autonome dans le cadre de la délégation télédétection du CIRAD (DETEC).

De nombreuses opérations de recherche sont conduites en Afrique (Mali, Burkina Faso, Madagascar), en Asie (Thaïlande, Malaisie), sur des financements incitatifs émanant de plusieurs ministères (recherche, coopération, affaires étrangères) de même qu'à partir de réponses à des appels d'offres d'organismes français (CNES, CNRS, Spot Image, etc.).

Au cours de ces années, les mises au point méthodologiques concernent l'interprétation visuelle et numérique des données satellitaires. Elles s'orientent vers la connaissance cartographique des milieux agricoles, constitués par l'ensemble des éléments permettant de juger d'une activité agricole et d'en définir les caractéristiques (typologie). Ces milieux agricoles peuvent être appréhendés au travers de l'état de surface, qui constitue l'ensemble des caractères propres à la surface de la terre, susceptibles d'être détectés par un satellite ou un avion. Après missions de terrain et traitements numériques interactifs, sont établies des cartes d'états de surface ; lorsque ces cartes sont réalisées à plusieurs périodes de l'année, ou à d'autres périodes séparées de plusieurs années, on peut établir des cartes d'évolution de composantes du milieu naturel : évolution des surfaces cultivées, variations saisonnières d'humidité superficielle...

De même, des traitements sont élaborés (IBM, IGN) pour la mise en évidence de combinaisons pertinentes d'états de surface : des cartes de paysages agro-écologiques sont ainsi dressées, figurant des combinaisons privilégiées entre les systèmes agraires et le milieu biophysique qui les supporte.

Ces mises au point méthodologiques complètent la morphopédologie, dans le sens où elles permettent désormais de comprendre et de suivre l'insertion de l'agriculture dans le paysage. L'ensemble de ces deux produits cartographiques fournit donc une aide accrue pour la conduite des projets de développement rural.

De telles recherches, très intéressantes pour le monde rural, n'empêchent cependant pas le service de pédologie d'être véritablement écartelé entre deux exigences : celle de réaliser des profits commerciaux, exigés par la direction de l'IRAT au travers du BEM, et celle de participer activement à la nouvelle programmation scientifique, attendue par la direction de la coordination et des programmes (DCP). Dilemme particulièrement aigu en cette période de fortes restrictions budgétaires.

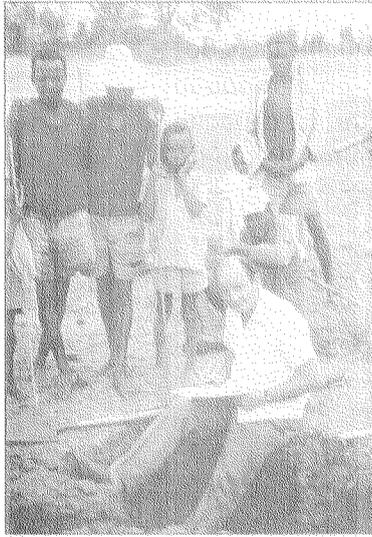
### **La restructuration et le redéploiement géographique**

Après une longue mise sous surveillance comptable et financière (on institue même des feuilles d'attachement pour évaluer les pourcentages d'activités BEM et DCP...), il apparaît, hélas, que, dans le contexte économique de cette époque, le service de pédologie ne peut plus s'autofinancer, comme par le passé.

On procède dès lors, en 1985, à un redéploiement géographique vers l'outre-mer d'une partie des pédologues de Montpellier, sans remettre en question, toutefois, l'existence du service de pédologie. Ce « dégraissage » douloureux ne laisse à Montpellier qu'une faible équipe de trois pédologues anciens ; la relève n'est pas assurée...

C'est dans ce contexte que surviendra, en 1987, la nouvelle restructuration de l'IRAT, après la mission d'audit de 1985, à la suite de laquelle la pédologie rejoindra la place qu'elle tenait à la création de l'IRAT, en agronomie générale et régionale. Avec, cependant, un atout supplémentaire : la capacité nouvelle d'exploiter cartographiquement les données satellitaires. Peut-être l'aube d'une nouvelle période de conventions... ?

*Fluctuat nec mergitur.*



Prospection en Ethiopie, région Awassa. (© J. Killian)

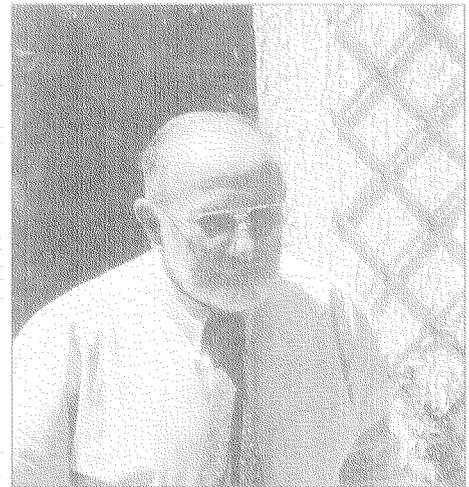


Aménagement des rizières, Betsileo, Fianarantsoa, Madagascar. (© P. Roche)

50



Zones d'érosion en « lavaka », Menalaha, près du lac Alaotra, Madagascar. (© P. Roche)



Roger Bertrand, agropédomorphopaléontologue. (© R. Tourte)



Bareland, érosion au Sine-Saloum sud, Sénégal. (© R. Tourte)



Aménagement traditionnel, Venezuela. (© R. Tourte)

# La bioclimatologie

**E**n 1962, l'IRAT crée le service d'hydraulique agricole (Numa Gillet), dont la mission est d'effectuer toutes les recherches sur l'utilisation agricole de l'eau. L'objectif de l'Institut, mais aussi des Etats dans lesquels il intervient, est d'exploiter au mieux les ressources en eau, souvent limitées, et de garantir le plein emploi et l'utilisation rationnelle et économique des aménagements agricoles. Agroclimatologie et bioclimatologie sont considérées comme des disciplines concernées par l'utilisation agricole de l'eau, et sont alors intégrées dans le service d'hydraulique agricole.

Cependant, au Sénégal, dès 1960, dans le cadre des recherches agropédologiques, certains travaux de l'agronomie portent sur la dynamique de l'eau dans les sols<sup>1</sup>. La démarche va s'étendre progressivement à l'ensemble du continuum sol-plante-atmosphère, et les deux types de préoccupation, agropédologique et hydraulique agricole, vont se rejoindre dans l'étude des relations eau-sol-plante.

Dès 1962, priorité est donnée à la détermination, pour chaque région naturelle, de l'évapotranspiration potentielle (ETP). A cette époque, le représentant de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) au Sénégal insiste déjà sur l'importance de l'ETP en tant que facteur déterminant de la croissance des plantes. C'est le début de la bioclimatologie à l'IRAT.

La discipline individualisée dans les années 1960 s'affirme pendant la décennie 1970-1980, lorsque l'apparition de graves périodes de sécheresse en Afrique rend nécessaire l'intensification des recherches sur l'alimentation hydrique des cultures pluviales et irriguées, et sur les moyens de lutte contre la sécheresse.

---

1. CHARREAU C., 1961. Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal. *L'Agronomie tropicale*, 16 (5) : 504-561.

## Le développement des recherches

### Le climat

#### DEMANDE ÉVAPORATIVE

Dans le contexte pluviométrique plutôt favorable de la décennie 1960-1970, les chercheurs de l'IRAT consacrent un effort tout particulier à la connaissance de la demande évaporative. Avec l'appui du service de bioclimatologie de l'INRA Versailles (R. Bouchet et M. Hallaire), de nombreux chercheurs s'attachent à maîtriser les techniques de mesure de l'ETP (Algérie, Cameroun, Côte d'Ivoire, Haute-Volta, Niger, Sénégal, La Réunion). Il apparaît que les calculs d'ETP ne sont pas entièrement satisfaisants et que les formules demandent à être adaptées aux conditions climatiques locales d'utilisation.

La mesure d'ETP sur gazon, complexe et onéreuse, est elle-même contestée et considérée comme une mesure d'évapotranspiration maximale d'une variété bien précise de plante fourragère conduite dans des conditions particulières très strictes. Il apparaît évident à tous que les consommations en eau des plantes cultivées n'ont que peu à voir avec l'ETP d'un gazon abondamment arrosé. Par contre, la mesure d'évaporation potentielle d'eau libre d'un bac normalisé classe A est une excellente donnée de référence. Elle peut, vu l'ampleur de son réseau de mesure et les conditions rigoureuses d'emploi, précises et contrôlées par l'OMM, remplir ce rôle indispensable de standardisation et de généralisation.

#### PLUVIOMÉTRIE

L'étude systématique et précise des précipitations apparaît de plus en plus indispensable, les moyennes mensuelles et même décennales ne suffisant plus. Il est nécessaire de connaître le détail quotidien des pluies, au moins sous les aspects qualitatifs (caractérisation de l'hivernage utile quant à une activité agricole donnée, durée de cet hivernage, répartition et qualité des pluies...) et quantitatifs (fréquence des pluies et probabilité d'obtenir certaines quantités de pluie). Ainsi, l'allure de la saison des pluies permet de conseiller le sélectionneur dans sa création de variétés répondant à des conditions pluviométriques bien définies.

Une meilleure adaptation des plantes au milieu peut être obtenue en confrontant les besoins en eau spécifiques aux disponibilités hydriques. Ces travaux débouchent sur des cartes d'adaptation variétale aux diverses zones pluviométriques d'un pays ou d'un ensemble de pays. A titre d'exemple, on peut citer les études suivantes : durée de l'hivernage utile au Sénégal (C. Dancette en collaboration avec l'OMM et le service d'aménagement du territoire) ; 1972, adaptation du riz pluvial en Côte d'Ivoire<sup>1</sup> ; 1970, pluies utiles pour le maïs dans le Nord-Cameroun (S. Valet) ; 1972, risques d'échec de la culture du maïs en Côte d'Ivoire en fonction de la date de semis ; 1979, analyse fréquentielle des pluies associée à l'étude de la demande évaporative en vue de la définition de calendriers culturaux sur les périmètres

1. GIGOU J., 1973. Etude de la pluviosité en Côte d'Ivoire. Application à la riziculture pluviale. *L'Agronomie tropicale*, 28 (9) : 858-875.

sucriers de Banfora (Burkina Faso) et Faranah (Guinée) ; 1980, proposition de calendriers culturels limitant les risques en Guyane.

En ce qui concerne les études de fréquence et de probabilité des pluies, les travaux s'orientent, d'une part, vers la constitution pour l'Afrique francophone d'un dossier pluviométrique complet, homogène et tenu à jour, d'autre part, vers l'application du traitement statistique (Brunet-Moret) de fréquence et de probabilité des pluies par périodes glissantes de la durée voulue et à partir de l'origine fixée. La suite logique de cette filière est la réalisation d'un modèle de bilan hydrique adaptable à toutes les conditions de climat et de sol, en collaboration avec l'ORSTOM.

### **Le sol : caractéristiques hydriques et hydrodynamiques**

On observe à l'IRAT un développement important de toutes les méthodes dites dynamiques appliquées au champ, pour la caractérisation hydrique et hydrodynamique des sols. L'utilisation outre-mer des humidimètres à neutrons et des gammadensimètres, grâce, en particulier, à l'aide du Centre d'énergie nucléaire (CEN) de Cadarache et de l'AIEA de Vienne, confirme le bien-fondé du choix de cette technologie.

Entre 1970 et 1974, au Sénégal, en Côte d'Ivoire et au Niger, les mesures au champ viennent bouleverser les anciennes certitudes résultant d'une extrapolation excessive des recettes de laboratoire appliquées à des échantillons remaniés. On peut, en particulier, signaler les travaux réalisés en 1969 sur le casier expérimental de culture de la canne à sucre à Richard-Toll, au Sénégal, et ceux effectués à Tillabéry, au Niger, en 1974<sup>1</sup>.

Ces méthodes mettent en évidence certains phénomènes : imperméabilité totale de certains horizons, débouchant sur l'utilisation proposée du sous-solage (S. Valet au Niger, J. Gigou au Nord-Cameroun) ; présence de nappes d'eau peu profondes contribuant à l'alimentation hydrique des cultures, cotonniers du Goulbi au Niger (1971), sols gris de Casamance au Sénégal (Pierre Siband et Serge Guillobez, 1972), riz de bas-fond au Burkina Faso<sup>2</sup> (1973) ; volume considérable des réserves en eau utile dans certains sols profonds comme les sols dunaires du Sénégal (Claude Dancette, 1974).

Les recherches se poursuivent en vue d'une meilleure connaissance des réserves en eau utile, à partir de la capacité au champ et du point de flétrissement. Les capacités au champ ou les capacités de rétention sont déterminées au vu de l'évolution des profils hydriques après remplissage, lorsque c'est possible, des réserves de chaque type de sol caractéristique. Le point de flétrissement, bien positionné par les mesures de pF 4,2, est souvent déterminé sous une culture donnée, soumise à une sécheresse très poussée (Sénégal, Niger, Côte d'Ivoire). Les réserves en eau utile sont calculées à partir des deux limites supérieure (capacité au champ) et inférieure (pF 4,2). Le manquement des pF demande, cependant, les plus grandes précautions et nécessite, de toute façon, des vérifications au champ.

1. VALET S., MARCESSE J., 1974. *Prospection pédohydrologique des terrasses de la région de Tillabery*. CEN Cadarache et IRAT Niger.

2. ARRIVETS J., 1973. Résultats de riziculture sans aménagement en zone soudanienne. L'exemple de bas-fonds du Centre Haute-Volta. *L'Agronomie tropicale*, 28 (1) : 34-53.

Les propriétés physiques (texture, perméabilité, porosité...) des différents horizons jouent un rôle dans la circulation verticale et latérale de l'eau dans le sol, déterminant les réserves en eau utile, et influent sur la profondeur d'enracinement des cultures. Différentes méthodes de caractérisation hydrodynamique des sols par mesure directe *in situ* sont expérimentées. Celle du « drainage interne » revient à suivre le ressuyage d'un sol après infiltration d'une lame d'eau sans évaporation. Celle du bilan est fondée sur le suivi de l'évolution du stock d'eau dans le sol en période d'évaporation naturelle, après humidification par les pluies. Ces deux méthodes reposent sur l'utilisation simultanée d'un humidimètre à neutrons et d'une série de tensiomètres. En 1978, au Sénégal, sur sol sableux d'origine éolienne, elles permettent d'étudier la recharge des réserves hydriques du sol, dont on a démontré le grand intérêt pour l'alimentation des plantes et pour les besoins en eau de diverses cultures<sup>1</sup>.

Les observations faites sous culture au Sénégal permettent ainsi de constater que l'arachide exploite mal les réserves profondes, même en cas de stress hydrique, alors que le mil est capable de meilleures performances. En Côte d'Ivoire, on note que la différence de perméabilité à saturation de deux types de sols se traduit par des différences de rendement importantes sur le riz et le maïs.

Le suivi permanent des profils hydriques, aussi bien pendant la saison des pluies que pendant la saison sèche, sur le même emplacement, permet d'avoir une vue globale de la dynamique de l'eau dans le sol et, en particulier, de son devenir après la saison des pluies. On décèle ainsi, au Sénégal, des reports de réserve hydrique d'une saison des pluies à la suivante. Au Sénégal, comme en Côte d'Ivoire, on se préoccupe aussi de la variabilité spatiale des caractéristiques hydrodynamiques des sols et, par conséquent, de la représentativité des mesures<sup>2</sup>.

### La plante

La plante permet de fixer la profondeur du sol à considérer pour la détermination de la réserve en eau utile, de préciser le point de flétrissement permanent, qui apparaît plus comme une caractéristique de la plante que du sol, enfin elle participe à l'amélioration des caractéristiques physiques du sol (amélioration des sols hardés du Nord-Cameroun en riziculture)<sup>3</sup>.

#### BESOINS EN EAU DES CULTURES

Les évapotranspirations maximales (ETM) sont reliées à un standard climatique de référence :

$$K = \text{ETM culture} / \text{facteur de demande évaporative.}$$

1. DANCETTE C., HAMON G., VACHAUD G., 1978. Etude comparée de la dynamique de l'eau en sol sableux nu et cultivé. Modalités d'alimentation hydrique du mil et de l'arachide en conditions pluviales déficitaires au Sénégal. In : *Symposium AIEA*, Colombo, Sri Lanka.

2. IMBERNON J., 1981. *Etude de la variabilité spatiale des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol du Sénégal*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, IMG/IRAT.

3. GUI S., 1976. Un bilan des travaux visant à la mise en culture des sols hardés du Nord-Cameroun. *L'Agronomie tropicale*, 31 (2) : 141-158.

La mesure d'évaporation en bac normalisé classe A est retenue comme facteur de demande évaporative.  $K$  est le coefficient cultural. Les coefficients culturaux vont rendre des services inestimables pour la conduite pratique de l'irrigation, pour l'extrapolation à de grandes zones de mesures effectuées en un point et pour l'adaptation des cultures en général. Grâce à eux, la tâche est plus aisée pour l'établissement des cartes d'adaptation culturale. De nombreux travaux sont effectués sur les besoins en eau des cultures au moyen d'évapotranspiromètres :

- 1970-1971, stations d'hydraulique agricole de Tarna au Niger et Mogtedo en Haute-Volta (Jean Charoy, Numa Gillet, Frédéric Jenny) ;
- 1974, besoins en eau de la betterave à sucre, du bersim, de la luzerne et du sorgho en Algérie (Roger Claus, Jean-Claude Legoupil, J.-C. Ruffin) ;
- 1974, besoins en eau de certaines variétés du riz pluvial en Casamance (Gora Bèye) ;
- 1983-1984, besoins en eau du sorgho, du maïs et de la tomate au Burkina Faso.

Sur la canne à sucre, c'est un échec avec cette méthode, car la différence est trop grande entre cuve et anneau de garde. L'ETM et les besoins en eau du mil et de l'arachide sont déterminés au Sénégal par bilan hydrique, au moyen de l'humidimètre à neutrons<sup>1</sup>.

Cette dernière méthode se révèle inapplicable dans les zones où il pleut trop et où les percolations sont trop importantes (Côte d'Ivoire). Dans ce dernier cas, on s'oriente vers la méthode utilisant les tensiomètres en complément de l'humidimètre. Elle est mise au point en collaboration avec G. Vachaud (IMG Grenoble) et avec l'appui de l'AIEA (M. Barrada). L'utilisation des bougies poreuses reliées à une pompe à vide est aussi envisagée, afin de reproduire dans les cuves les tensions mesurées dans le sol en place.

### RÉSERVES HYDRIQUES FACILEMENT UTILISABLES ET COURBES DE RÉPONSE À L'EAU

Les méthodes de détermination de la réserve facilement utilisable (RFU) sont mises au point. Des tests physiologiques sont adoptés en fonction de chaque espèce. En 1974, des travaux sont menés dans le nord (Richard-Toll) et le centre du Sénégal (Claude Dancette, Jean-Louis Chopart, Duc Tran Minh) ainsi qu'en Côte d'Ivoire (François-Noël Reyniers) et au Niger (Serge Valet). Des chiffres précis peuvent être avancés pour de nombreuses cultures à divers stades de développement (canne à sucre, maïs, cotonnier, riz pluvial). Dans la pratique et pour les agronomes, le fait de passer en dessous de la RFU se traduit par des chutes de rendement en matière sèche et en grain, ainsi que par des hausses de teneur en sucre.

La notion de RFU peut être remplacée par celle de courbe de réponse à l'eau, avec indication des seuils d'optimum économique et de maximum technique. Le meilleur exemple est celui de la canne à sucre en Afrique (Jean-Claude Legoupil, Roger Claus). La plupart des cultures industrielles se prêtent bien à ce genre de démarche, mais cette dernière peut aussi être envisagée pour les cultures vivrières (fermes de culture irriguée de Tombokro,

1. DANCETTE C., 1973. Les besoins en eau des plantes de grande culture au Sénégal. In : *Symposium AIEA*, Vienne, Autriche.

en Côte d'Ivoire, et de Bambey, au Sénégal). La confrontation des différentes courbes de réponse à l'eau avec la réalité du terrain permet progressivement aux agronomes de mieux appréhender les causes de la variabilité du rendement, et d'envisager le développement d'indicateurs susceptibles de prévoir le rendement à attendre d'une gestion normale de la ressource climatique.

## Conséquences et applications

### L'irrigation contre-aléatoire

Avec la persistance de la sécheresse et la nécessité de maintenir un niveau de production significatif, les bioclimatologistes de l'IRAT proposent, à partir de 1983, des opérations pilotes visant à démontrer l'efficacité de l'irrigation contre-aléatoire des pluies :

- en Côte d'Ivoire, on obtient des gains de 25 kg de riz pluvial de 130 jours par millimètre d'eau apporté en complément des pluies ;
- au Sénégal, en 1983-1984, une irrigation de 50 mm d'eau, répartie en trois apports judicieusement programmés, permet d'obtenir des résultats spectaculaires sur une rotation arachide-mil ;
- en Mauritanie, en 1984, avec une irrigation de complément, les rendements en sorgho sont plus que doublés (de 1 150 à 2 550 kg/ha).

Ces essais, le plus souvent combinés à des tests de fertilisation organique, confirment que le maintien, voire l'augmentation, de la productivité sont directement liés à la combinaison d'un recyclage de la matière organique, tel que le compostage, et d'un taux de satisfaction des besoins en eau, sur le cycle, supérieur à 80 %.

Dans le souci de proposer des solutions techniques garantissant la réalisation de ces deux conditions, agronomes et bioclimatologistes de l'IRAT engagent, en 1983, la mise au point de la filière « Transpaille » permettant de produire du biogaz pour la motorisation de l'irrigation de complément et de recycler un compost humifère à haute valeur fertilisante. La première installation pilote est mise en place au CNRA de Bambey, en 1983 (équipe ISRA et appui de Francis Forest et Jean-Luc Farinet).

### Le bilan hydrique, facteur de production

Les premiers travaux sont orientés vers la caractérisation des termes du bilan climatique, en vue d'une extrapolation géographique des résultats obtenus en station. En 1973, au Sénégal, on propose des relations permettant d'estimer la demande évaporative en fonction de la pluviométrie. Ces travaux trouvent leur prolongement opérationnel dans la mise au point des techniques d'analyse fréquentielle de la durée de la saison des pluies, développées par P. Franquin de l'ORSTOM<sup>1</sup>.

En 1974, une collaboration entre l'IRAT et le Comité inter-Etats d'études hydrauliques (CIEH) de Ouagadougou (Burkina Faso) permet de jeter les bases de la méthodologie de l'analyse fréquentielle des termes du bilan

1. FRANQUIN P., FOREST F., 1977. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agronomie tropicale*, 32 (1).

hydrique que l'IRAT développe à partir de 1978. En 1979, au centre GERDAT de Montpellier, s'engagent la mise au point et le calibrage d'un modèle simple de simulation sol x plante, à partir de l'analyse de nombreuses données agropédoclimatiques accumulées par la recherche.

Le modèle de bilan hydrique appelé BIP 4 (Francis Forest) qui en résulte permet, en 1984, la constitution d'une base de données interactive production-climat. Les premières applications sont consacrées à la culture du maïs. Une base de données est aussi disponible pour la région nord de la Côte d'Ivoire, la région du Sine-Saloum au Sénégal et les points d'essais multi-locaux au Togo.

Les premières exploitations du logiciel montrent qu'il est difficile de différencier les traitements factoriels (engrais, travail du sol...) si l'on ne tient pas compte de la composante bilan hydrique. L'utilisation de l'indice de satisfaction des besoins en eau ETR/ETM, comme estimation du milieu agropédoclimatique, constitue un grand pas en avant dans la mise au point du diagnostic pour l'élaboration du rendement.

Au Sénégal, en 1986, l'analyse des essais de longue durée mis en place par l'IRAT, dans le cadre de dispositifs locaux d'amélioration foncière, permet de mettre en évidence la sensibilité du maïs au régime hydrique des sols. Le rendement élevé est tributaire d'une alimentation hydrique optimale<sup>1</sup>.

Entre 1986 et 1988, en zone maritime du Togo, une analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique amènera les chercheurs à considérer la zone maritime comme peu favorable à l'intensification de la maïsiculture<sup>2</sup>.

A Madagascar, l'application de cette même méthode à la définition des potentialités agricoles du Moyen-Ouest permet de formuler des propositions de calage des cycles culturaux utilisant au mieux les ressources en eau. Ces propositions portent sur le maïs, le cotonnier, le riz pluvial, le soja, l'arachide.

En 1986, au Brésil, la méthode du bilan hydrique simulé est étendue à de nombreux points d'essai implantés chez les riziculteurs. La formule généralisée, testée avec succès, permet de clarifier le problème de la sécheresse sur le riz pluvial dans la zone des Cerrados. Dans de nombreuses situations, la pluviométrie n'est pas le principal facteur explicatif des phénomènes observés sur la plante, lors d'une période de sécheresse. Les expérimentations et les suivis des systèmes racinaires permettent de souligner le rôle de la profondeur de l'enracinement dans la capacité d'extraction de l'eau du sol (RFU).

En France, la modélisation du bilan hydrique pour l'avertissement à l'irrigation sera initiée, en 1987, dans le cadre du « club des 150 quintaux » de maïs.

Une méthode de suivi du bilan hydrique à l'aide de la télédétection par satellite est mise au point, en collaboration avec le Centre national d'études

---

1. CORTIER B., POCTHIER G., IMBERNON J., 1988. Le maïs au Sénégal : effet des techniques culturales et des conditions hydriques en culture pluviale. *L'Agronomie tropicale*, 43 (2) : 85-90.

2. POSS R., SARAGONI H., IMBERNON J., 1988. Bilan hydrique simulé du maïs au Togo méridional. *L'Agronomie tropicale*, 43 (1) : 18-29.

spatiales (CNES) et l'INRA ; elle est appliquée en 1986 à la région centre du Sénégal. On constate que les résultats d'ETR obtenus par la simulation du bilan hydrique BIP 4, basée sur l'offre pluviométrique, la réserve utile racinaire et la demande évaporative, sont très proches de ceux enregistrés avec la relation simplifiée proposée par Seguin, calculée à partir des données obtenues par la thermographie infrarouge (satellite Météosat).

### **La régionalisation des recommandations**

Disposant d'hypothèses de travail et d'outils d'analyse et de synthèse cartographiques, les bioclimatologistes vont participer activement, dès 1986, à la mise en œuvre d'un projet au Mali, visant à proposer des techniques agronomiques qui assurent une valorisation optimale de l'eau. Le zonage des potentialités pour les cultures de mil, sorgho, maïs et arachide, engagé au cours de la phase préparatoire du projet, constituera une des bases de référence pour la formulation d'hypothèses et d'orientations ultérieurement formalisées dans le cadre du réseau R3S. Au travers de projets menés en réseau, les études sur les potentialités de la maïsiculture seront étendues à huit pays de la zone sahélo-soudanienne.

En Amérique centrale, un service d'appui se développera à partir de 1987, dans le cadre d'un projet régional mis en œuvre par le CATIE, le CIRAD et l'ORSTOM : dates de semis et calage du cycle feront l'objet de recommandations, avec succès. En réponse aux sollicitations des sélectionneurs, des travaux originaux sur la recherche des idéotypes d'arachide adaptés aux diverses situations de sécheresse caractérisant le Sénégal sont, par ailleurs, engagés au CNRA de Bambey.

### **Les perspectives de la bioclimatologie**

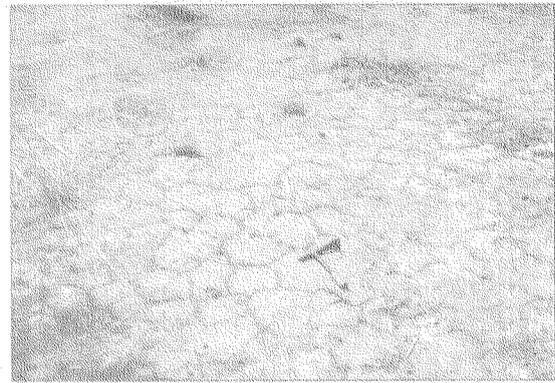
Bien qu'ayant une vocation d'aide et de conseil à la recherche et au développement, les travaux menés sont à l'origine d'une réflexion qui inspire les orientations de la recherche en bioclimatologie : identifier les potentialités et les facteurs de sécheresse, et faire la part, dans le diagnostic des contraintes à la production, de ce qui revient au climat, au sol, à la plante et au mode de conduite de la culture.

Ces travaux permettent, par ailleurs, la mise au point d'indicateurs simples, susceptibles de quantifier l'alimentation hydrique de la culture et, en particulier, d'estimer le flux productif qu'est l'ETR en rapport avec l'ETM, analysée dans ses principales composantes que sont la demande climatique et le degré d'intensification.

Disposant d'outils analytiques adaptés au suivi de l'alimentation hydrique des cultures, les recherches doivent progressivement s'élargir à l'étude et au suivi des processus évolutifs rapides mettant en jeu les effets du climat sur l'activité et la production agricoles.



Prospection pédologique, maître Killian et ses élèves, Xalapa, Mexique. (© J. Killian)



Repousse d'herbe dans les fentes de retrait de surface polygonale, Mogtêdo, Burkina Faso. (© J. Teissier)



A Mayotte (Comores) : Riz IRB,  
– Essais de récolte de patates douces.  
– Dates de semis échelonnées.  
(© J. Larcher)



Courbes de niveau à la Sakay, Madagascar, 1961. (© P. Roche)



Courbes de niveau à la Sakay, Madagascar, 1961. (© P. Roche)



Cuves d'érosion sur sol rouge latéritique, lac Alaotra, Madagascar 1957. (© P. Roche)



# L'hydraulique et l'irrigation

Créé en 1963, le service d'hydraulique agricole de l'IRAT a pour vocation l'étude des besoins en eau des cultures, d'une part, l'expérimentation sur les techniques d'irrigation, d'autre part. Ce n'est qu'en 1988 que les deux activités de recherche en bioclimatologie et en hydraulique agricole sont scindées en deux programmes distincts : le programme CLISOP (climat, sol, plante) et celui d'hydraulique agricole. On trouvera dans ce qui suit les travaux et les résultats en matière d'expérimentation sur l'irrigation et les systèmes de cultures irriguées. Le programme bioclimatologie étant traité p. 51-59.

## De 1963 à 1973

Les travaux débutent avec la création de deux stations d'expérimentation en hydraulique agricole (SEHA) à Tarna (Niger) et à Mogtedo (Burkina Faso)<sup>1</sup>.

L'expérimentation concerne l'ajustement des formules empiriques donnant l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la détermination des besoins maximaux en eau de diverses cultures telles que le riz, la canne à sucre, la tomate, l'oignon, le tabac. La méthodologie adoptée (1965-1972) repose sur les mesures directes de consommation en eau du gazon (*Cynodon dactylon*, *Digitaria decumbens*, *Paspalum notatum*...) et des cultures contenues dans des bacs d'évapotranspiromètre de 2 m<sup>2</sup> de surface, placés à l'intérieur d'un anneau de garde portant la même culture. Les résultats obtenus par l'équipe composée de Jean Charoy<sup>2</sup>, Frédéric Jenny, Numa Gillet, Duc Tran Minh

1. JENNY F., GILLET N., 1966-1967, 1967-1968, 1968-1969. *Rapports de fin de campagne de la SEHA de Mogtedo, Haute-Volta.*

2. CHAROY J., 1971. *Etudes à l'humidimètre à neutrons (dynamiques de l'eau et applications).* Nogent-sur-Marne, IRAT.

figurent dans la première édition du *Mémento de l'Agronome*, publié par le ministère de la Coopération. Ils permettent de tirer deux conclusions importantes :

- les coefficients culturaux présentés comme le rapport entre l'évapotranspiration maximale mesurée (ETM) d'une culture et celle d'un gazon représentée par l'ETP peuvent être supérieurs à 1,0 à certains stades de végétation ; des années plus tard, on expliquera cette « anomalie » par une différence de surface évaporante entre la culture et le gazon (indice foliaire) ; par la suite, la FAO (*Bulletin d'irrigation*, n° 24) proposera des coefficients culturaux supérieurs à 1,0 en désignant l'évapotranspiration du gazon par Eto, à la place de ETP ;
- la détermination de l'ETP est peu précise et difficile à mettre au point en Afrique, où beaucoup de stations météorologiques ne mesurent pas les paramètres nécessaires à l'application de la formule de Penman. Il est ensuite recommandé d'utiliser l'évaporation du bac classe A, présent dans la plupart des stations synoptiques ASECNA, pour estimer les besoins en eau des cultures.

Plus tard, des travaux de même nature sont menés au Sénégal (Claude Dancette), à La Réunion (Guy Loynet)<sup>1</sup>, en Côte d'Ivoire (Richard Baran), en Ethiopie (Bernard Chevreau), en Algérie (Jean-Claude Legoupil)<sup>2</sup>, sous la coordination du service central de Nogent-sur-Marne (N. Gillet, D. Tran Minh).

62

Le second volet d'expérimentation des SEHA de Tarna et de Mogtedo est la détermination des paramètres de l'irrigation gravitaire (pente et longueur des raies, débit maximal non érosif, débit d'entretien, etc.). La méthodologie s'inspire du protocole mis au point par Labye à l'Office national d'irrigation, au Maroc. Les travaux sont réalisés au Niger (J. Charoy), au Burkina Faso (F. Jenny), au Sénégal (J. Grolée, D. Tran Minh). La complexité du dispositif expérimental, les résultats somme toute assez décevants expliquent l'abandon de cette méthode (en 1980) au profit des modélisations.

En revanche, la détermination des paramètres de l'irrigation par aspersion et de l'influence du vent sur la qualité (efficacité, uniformité) de la distribution est réalisée à Tillabery, au Niger<sup>3</sup>, et à Richard-Toll, au Sénégal (D. Tran Minh, 1971). Depuis cette date, le principe et la méthode des mesures pluviométriques restent toujours valables, bien que les techniques de distribution aient beaucoup évolué.

En matière d'hydropédologie, les travaux de caractérisation hydrique et hydrodynamique des sols et de mesure du bilan hydrique démarrent en 1966, avec la mise au point de la méthode neutronique, en collaboration avec le Centre d'études nucléaires de Cadarache (J. Marcesse, Moutonnet)<sup>4</sup>,

1. LOYNET G., 1975. Les besoins en eau des cultures du périmètre irrigué du Bras de la plaine. *L'Agronomie tropicale*, 30 (3).

2. LEGOUPIL J.-C., 1972. Evolution de la salure du sol sous irrigation, aménagement et mise en valeur des sols salés. In : *Conférence ITA*, Mostaganem, Algérie, 1977.

3. TRAN MINH D., 1972. Etudes sur l'irrigation par aspersion en région sahélienne (Tillabery, République du Niger). *L'Agronomie tropicale*, 28 (9) : 901-915.

4. VALET S., MARCESSE J., 1980. Prospection hydropédologique, amélioration foncière et essais d'irrigation sous cultures, en vue de l'aménagement des terrasses du fleuve Niger à Tillabery. *L'Agronomie tropicale*, 35 : 115.

au Niger (J. Charoy, S. Valet), en Algérie (J.-C. Legoupil) et au Sénégal (C. Dancette, D. Tran Minh, Ridders)... Elle permet de quantifier grossièrement la réserve hydrique du sol, les besoins en eau des cultures pluviales et irriguées et les bilans hydriques sous culture. La méthode couplée humidimètre à neutrons/tensiomètres, mise au point durant la période suivante, va permettre d'affiner considérablement ces résultats.

En matière d'assainissement, en vue de la création de la Compagnie sucrière sénégalaise (CSS) à Richard-Toll, l'IRAT réalise un programme d'expérimentation sur le drainage agricole et le rabattement de nappe, de 1967 à 1972, pour permettre la culture de canne à sucre<sup>1</sup>.

Il s'agit d'une opération de recherche originale dans la mesure où, pour la première fois, sous l'impulsion de son directeur général Francis Bour, l'IRAT mobilise une équipe pluridisciplinaire de pédologues (M. Mutsaers, A. Cornet), d'agronomes (R. Tourte, M. Couey, R. Fauconnier, R. Baran, Y. Grouitch P. Dubreuil), de chimistes (C. Egoumenidès), d'hydrauliciens (D. Tran Minh, N. Gillet, M. Audibert du BRGM, C. Dancette, Ridders)... pendant plus de trois mois pour répondre à une question précise : comment cultiver la canne à sucre dans le casier rizicole où le sol et la nappe sont très salés ? Les résultats de cette « opération du 31 mars » 1969 permettent la proposition de retenir l'irrigation à la raie dans le casier sucrier et le drainage par fossés ouverts espacés de 400 mètres comme ossature principale du réseau d'assainissement, toujours en vigueur actuellement. Les techniques de culture et d'étude de sol préconisées sont également utilisées avec succès par la CSS, qui obtient actuellement des performances remarquables, faisant d'elle un des leaders incontestés de la production sucrière africaine.

## De 1973 à 1985

Cette période de croisière est marquée par la mise en œuvre de méthodologies originales de recherche et d'expérimentation dans les domaines suivants.

### L'agropédologie

A partir de 1972, en collaboration avec l'Institut de mécanique de Grenoble (G. Vachaud, G. Vauclin) et de l'Agence internationale de l'énergie atomique de Vienne (P. Barrada), la méthode d'utilisation combinée de l'humidimètre neutronique et des tensiomètres est mise au point sur sols sableux, à Bambey (C. Dancette, G. Vachaud, J.L. Thony, M. Sonko)<sup>2</sup>, pour quantifier au champ des stocks et des flux d'eau dans le sol. Elle est ensuite généralisée aux autres sols africains : sols ferrallitiques du Sénégal (C. Dancette), de Côte d'Ivoire (R. Baran, P. Langellier), sols ferrugineux du Sénégal, du Burkina Faso, du

1. DANCETTE C., BARAN R., TRAN MINH D., GILLET N., 1969. *Casier sucrier de 120 hectares de Richard-Toll. Etude in situ des caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des principaux types de sols. Conclusions au 31 mars 1969 et annexes.* IRAT Sénégal, 350 p.

2. VACHAUD G., DANCETTE C., SONKO M., THONY J.-L., 1978. Méthode de caractérisation hydrodynamique *in situ* d'un sol non saturé. Application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique. *Annales agronomiques*, 29 (1) : 1-

Niger (S. Valet, J. Charoy), de Côte d'Ivoire, sols andiques à La Réunion (Loynet, Dadant), sols alluviaux au Sénégal, au Niger.

Ces programmes permettent, outre la caractérisation hydrodynamique des sols, de déterminer les besoins en eau des cultures<sup>1</sup>, de suivre leur alimentation hydrique, d'appréhender les effets du stress hydrique sur la production et de mettre au point des systèmes d'avertissement pour l'irrigation.

### L'irrigation

Les difficultés de l'économie rurale en zone sahélienne et soudano-sahélienne et les échecs relatifs des plans d'action basés sur une trop rapide intensification des systèmes de culture amènent l'IRAT à s'interroger sur les alternatives raisonnablement envisageables pour une amélioration du bilan vivrier en Afrique de l'Ouest.

L'analyse des difficultés de fonctionnement des aménagements hydroagricoles existants conduit à raisonner l'irrigation non seulement en termes de rendements maximaux, mais également en termes de sécurisation des productions par la pratique d'apports d'eau venant en complément et en contre-aléa des pluies, en fonction des options du développement.

Cette dualité dans l'utilisation finale des produits de la recherche aboutit souvent à deux axes de travail, l'un concernant l'irrigation totale, l'autre pour valoriser l'irrigation de complément. Pour le premier axe, les thèmes suivants sont adoptés : mise au point de systèmes de culture fortement intensifs, d'espèces et de variétés hautement productives, à valeur commerciale élevée, pouvant rentabiliser des équipements d'irrigation parfois très coûteux... Le second axe concerne la gestion plus stricte d'une ressource en eau quantitativement plus limitée<sup>2</sup>, la recherche d'espèces et de variétés culturales valorisant bien l'irrigation et l'expérimentation d'une technologie d'irrigation fondée sur le faible coût d'équipement et la possibilité de couvrir de grandes superficies (systèmes mobiles).

### Les systèmes de cultures irriguées

Parallèlement aux expérimentations thématiques de base, un certain nombre de recherches sont mises en place en vue d'élaborer des systèmes de production en irrigué vulgarisables, et de définir avec le paysannat des modèles d'exploitation. Sous l'impulsion de René Tourte, qui lance en 1969 la démarche système avec la création des Unités expérimentales dans le Sine-Saloum, au Sénégal, où des systèmes de cultures pluviales sont expérimentés en milieu paysan, la Ferme expérimentale des cultures irriguées est mise en place à Bambey, en mai 1973<sup>3</sup>. Des chercheurs de diverses disciplines partici-

1. CHAROY J., FOREST F., LEGOUPIL J.-C., 1978. *Evapotranspiration. Besoins en eau des cultures. Relations eau-sol-plante. Estimation fréquentielle des conditions d'alimentation hydrique en culture pluviale et irriguée*. Cours d'enseignement ADHAREM-ENSAM.

2. NICOU R., CHOPART J.-L., 1979. Les techniques d'économie de l'eau dans les sols sableux au Sénégal. In : *Soil physical properties and crop production in the Tropics*. New York, Wiley and Sons, p. 375-384.

3. TRAN MINH D., 1978. *Fermes expérimentales des cultures irriguées. Bilan de cinq années d'expérimentation*. Dakar, ISRA.

pent à ce programme, géré par Duc Tran Minh de 1973 à 1980 : agronomie (Jean-Claude Mauboussin, Blanguernon de l'IRCT, Furon de l'IRFA), zootechnie (Mahawa M'Bodj), systèmes de culture (Claude Ramond, Hayaux du Tilly), hydraulique (François Carréras), mécanisation (François Plessard), bioclimatologie (Claude Dancette), chimie des sols (Christian Piéri, Robert Oliver)...

La démarche adoptée est originale pour l'époque. Dans deux fermes types de 4 hectares chacune, l'expérimentation porte sur deux systèmes de cultures irriguées à partir des eaux souterraines, selon plusieurs points de vue : technique, temps des travaux, calendrier agricole, durabilité, économie de l'exploitation. Les choix initiaux découlent de la synthèse des résultats analytiques disponibles (variantes d'assolement, de rotation, d'itinéraire technique, d'analyse micro-économique...). Les problèmes rencontrés sont traités dans l'aire de recherche voisine ; les solutions trouvées sont ensuite appliquées dans les fermes types avec, éventuellement, *feed-back* pour la partie recherche. Les avantages de cette démarche par rapport à la démarche analytique sont multiples.

Techniquement, elle permet un gain de temps et de moyens appréciable : on recherche la meilleure productivité d'un système de production considéré dans sa globalité et non celle des productions juxtaposées, sans tenir compte de leurs interactions, dans l'espace et dans le temps.

Du point de vue de l'organisation du travail à la ferme, la démarche système permet de prendre en compte les temps de travaux de chaque production et le calendrier de leur réalisation ; ainsi, une technique parfaitement performante peut s'avérer inapplicable parce qu'elle demande trop de temps ou doit être réalisée durant une période incompatible avec la disponibilité de l'exploitant.

Sur le plan économique, certaines productions non rentables en elles-mêmes peuvent le devenir dans le cadre de l'exploitation. Un exemple : l'élevage bovin, pris isolément, n'est pas rentable en raison du prix trop bas de la viande sur pied. Dans une ferme irriguée, il est intéressant de le maintenir car il fournit l'énergie nécessaire à la mécanisation par traction bovine ; il permet de valoriser les sous-produits et de produire du fumier, indispensable aux cultures maraîchères, beaucoup plus rémunératrices et pouvant rentabiliser le coût de l'irrigation.

Plus tard, en 1978, des recherches analogues sur les systèmes de cultures irriguées sont entreprises à Sona-Lossa (Niger), par l'équipe composée de Serge Valet, Jean Charoy, Francis Forest, Jean-Claude Legoupil<sup>1</sup>. Les référentiels techniques obtenus dans les deux cas, à partir des résultats expérimentaux, permettent :

- de déterminer les cultures et variétés les mieux adaptées aux conditions du milieu, aux exigences de la rotation, à la capacité de la force de travail et aux opportunités du marché ;
- d'établir, de façon précise, le meilleur itinéraire technique pour chacune des cultures (nature des opérations culturales, niveau des intrants, besoins en eau d'irrigation, etc.) ;

---

1. CHAROY J., FOREST F., LEGOUPIL J.-C., 1978. *Essais d'optimisation d'un projet d'irrigation en zone sahélienne, périmètre de Sona au Niger*. DGRST, LAT.

- d'enregistrer les temps de travaux et de traction pour chaque opération culturale et de déterminer la faisabilité des itinéraires techniques choisis ;
- de proposer des variantes d'assolement et de rotation.

En termes économiques, ces référentiels permettent<sup>1</sup> d'apprécier la rentabilité financière de la culture (marge brute par hectare), la valorisation des ressources en eau (marge brute par mètre cube d'eau d'irrigation), la valorisation de la main-d'œuvre (marge brute par heure de travail)<sup>2</sup>.

### L'irrigation et l'énergie

Dans la zone d'intervention de l'IRAT, la mobilisation et la distribution de l'eau aux cultures exigent des consommations en énergie importantes et entraînent des coûts très élevés. Les recherches entreprises par l'IRAT sont les suivantes.

#### EXHAURE ANIMALE

Au Sénégal, un système d'exhaure de l'eau des puits par traction bovine, mis au point par François Plessard et François Carréras en 1972, est appliqué dans les Unités expérimentales du Sine-Saloum et à la « sole C » à Bambey, où l'eau puisée à 20-30 mètres sert à l'abreuvement du bétail et à l'irrigation du petit maraîchage (cf chapitre mécanisation).

#### ENERGIE SOLAIRE

L'IRAT expérimente à la ferme irriguée de Bambey une pompe à piles photovoltaïques Solar Power, d'une puissance de 1 kilowatt, et assure le suivi d'une pompe Solarex de 1 kilowatt installée au village proche de Bambey. Les résultats obtenus après deux ans de fonctionnement (D. Tran Minh, 1979) montrent la nécessité de maintenir les panneaux parfaitement propres, de changer les balais du moteur tous les ans. Les panneaux en résine synthétique de la pompe Solarex ne résistent pas et éclatent sous la chaleur ; ceux de Solar Power, en verre, voient leur puissance réduite d'environ 10 %, à cause de leur noircissement par la rouille.

#### BIOGAZ

A Lossa (Niger) et à Bambey (Sénégal), divers fermenteurs (systèmes chinois, indien, zaïrois...) sont expérimentés avec un succès mitigé (J. Wey). Un modèle de fermenteur continu (brevet Transpaille IRAT), mis au point par Francis Forest, est associé aux systèmes de culture et d'élevage et testé en milieu agricole pour l'utilisation du biogaz (cuisine, éclairage...). Conjointement au développement du Transpaille et en liaison avec les Etablissements Schulz, des moteurs thermiques adaptés pour fonctionner au biogaz et actionner des pompes centrifuges sont testés dans l'irrigation des cultures à Bambey (Francis Forest, Jean-Luc Farinet, Léopold Sarr). Le modèle expérimenté est maintenant bien au point et plusieurs d'entre eux, de 3 à

1. DESSALAS L., TRAN MINH D., 1984. *Modélisation de systèmes de cultures irriguées en zone centre-nord du Sénégal. Evaluation agro-économique du projet Ferme irriguée Bambey.* DGRST, LAT.

2. LEGOUPIL J.-C., LIDON B., 1983. Pour une nouvelle approche des aménagements hydro-agricoles. *Europe Outre-Mer*, 643-644 (numéro spécial).

50 m<sup>3</sup>, sont fonctionnels en Afrique. Le coût du kilowatt produit est pratiquement équivalent à celui du fuel, avec un coût initial supérieur mais des charges de fonctionnement très faibles (cf chapitre valorisation énergétique).

### Les techniques

Des mesures de consommation en eau d'irrigation permettent de montrer que, si les besoins nets en eau peuvent être déterminés avec une grande précision (5-10 %) à partir des données agroclimatiques, la mauvaise pratique de l'irrigation provoque très souvent des pertes extrêmement élevées : des efficacités d'irrigation de 40-50 %, soit des pertes de plus de 100 % de la dose, sont fréquentes. Ces pertes proviennent du réseau d'adduction, surtout dans la distribution à la parcelle. Un tel constat explique que l'IRAT, après les recherches menées à Tarna et Mogteto, réalise des expérimentations importantes sur la détermination des techniques et des paramètres d'irrigation :

- définition des normes d'irrigation gravitaire en fonction des caractéristiques du sol à Lossa-Sona (Niger) et au périmètre sucrier de Sukala (Mali) ;
- influence des conditions climatiques (vent) sur l'efficacité et la répartition de la distribution de l'eau par aspersion à Bambey (Sénégal) et au Sarir (Libye) ;
- mesures hydrauliques et tests agronomiques de différents systèmes d'irrigation, micro-irrigation (goutte-à-goutte, localisée, souterraine) et aspersion (D. Tran Minh, 1978).

### L'irrigation avec des eaux chargées

L'irrigation de la culture de betterave sucrière à partir des eaux salées est étudiée par Jean-Claude Legoupil à Le Khémis, en Algérie ; des techniques et des méthodes permettant un lessivage des sels sont testées avec succès. Des essais d'irrigation avec l'eau saumâtre et sodique de la nappe du maestrichtien sont effectués à Bambey. Au laboratoire, des apports de fleur de soufre, de chaux, de phosphogypse contribuent à maintenir stable la perméabilité du sol (Christian Piéri) ; au champ, l'itinéraire technique associant 10 t/ha de phosphogypse à apporter tous les deux ans, et une irrigation au goutte-à-goutte, sur cultures de tomate, d'arachide, de pastèque... semble être le meilleur (D. Tran Minh).

### L'irrigation et la recherche-développement

A partir de 1982, sous l'impulsion de son directeur général Francis Bour, l'IRAT s'engage dans une opération de recherche-développement au Sarir, en collaboration avec la SATEC. Il s'agit d'assurer une production de blé et de fourrages (luzerne) grâce à une irrigation au pivot, à partir de nappes d'eau fossiles, sur de grandes superficies. L'opération implique la création de bases-vie en plein désert. C'est une recherche-développement avec prise de risque dans la mesure où l'IRAT garantit des rendements minimaux : si les résultats sont inférieurs aux prévisions, il s'expose à des pénalités, mais il perçoit des primes si les rendements réellement obtenus sont meilleurs... L'opération est couronnée de succès grâce à une participation massive des cadres de l'IRAT (Jean-Claude Legoupil, Jean Charoy, Bruno Lidon, Francis Forest, Richard Baran...).

## **De 1985 à 1990 : informatisation, modélisation et milieu paysan**

A partir de 1985, avec le développement de l'informatique, la recherche en hydraulique agricole s'oriente vers la collecte automatique de données agro-climatiques, leur exploitation informatisée et la mise au point de logiciels permettant l'aide à la décision : étude fréquentielle des pluies, évaluation des bilans hydriques, pilotage de l'irrigation, prévision des récoltes avec ou sans stress hydrique... Sur le terrain, la recherche se rapproche du développement<sup>1</sup> et se réoriente vers les trois axes suivants : petite hydraulique, aménagement de bassins-versants et de bas-fonds, économie de l'eau dans les périmètres irrigués.

### **La petite hydraulique en milieu paysan**

L'objectif de l'irrigation de complément, pratiquée en contre-aléa des pluies, est de sécuriser la production vivrière traditionnelle. Cette irrigation constitue une première étape dans le processus d'intensification lié à l'irrigation ; elle permet l'assimilation du facteur irrigation qui, dans ce cas, n'est pas perçu comme un élément perturbateur. Le développement de l'irrigation complémentaire contre-aléatoire va de pair avec celui de la petite hydraulique agricole en milieu paysan. Il s'agit de valoriser les ressources hydriques tant de surface que souterraines, lesquelles, en Afrique de l'Ouest, sont nombreuses mais éparpillées et, le plus souvent, de faibles potentialités.

68

La réalisation de ce thème suppose la mise à disposition des producteurs d'espèces et de variétés répondant bien à l'irrigation complémentaire. Elle implique une mobilisation optimisée des ressources en eau, donc une distribution efficiente de l'eau à la parcelle, un calcul d'optimisation de l'apport d'eau (bilan hydrique) et une minimisation du coût du mètre cube d'eau pompé.

La création, en 1985, du groupement BCG (BRGM-CIRAD-GERSAR), à travers des interventions dans divers pays (Kenya, Ethiopie, Niger, Sénégal, Bénin, Burkina Faso, Mali...), permettra la mise au point de techniques de pompage de petits débits, l'expérimentation des techniques de distribution de l'eau à la parcelle facilitant l'utilisation efficace de ces petits débits, et l'optimisation agro-économique de l'irrigation de complément.

### **L'aménagement de bassins-versants et de bas-fonds**

Les recherches, menées au Mali et au Sénégal, visent à améliorer les connaissances sur le fonctionnement des bas-fonds et à tester l'efficacité des méthodes d'aménagement ; il est nécessaire de mettre au point les itinéraires techniques valorisant au mieux l'eau disponible et d'élaborer un outil de diagnostic, d'aide à la décision en matière d'aménagement et de mise en valeur agricole.

La méthodologie adoptée consiste à réaliser, pour le court terme, un modèle de simulation permettant d'approcher le bilan hydrique à l'échelle des

1. GOUZES R., LEGOUPIL J.-C., LELANDIS F., 1985. *Groundwater and rural development in Sub Saharian African*. BRGM (85 DCG 001).

parcelles élémentaires situées sur le bassin-versant et le bas-fond et, dans un second temps, de simuler les modifications de l'état de surface (diguettes, travail du sol...) ou du site (aménagement) et d'interpréter leur influence sur le bilan hydrique et le fonctionnement de l'aménagement. Ce type de recherche est réalisé dans le bas-fond de Kambo (Mali-Sud), à partir du modèle Source de simulation des aménagements (J.-L. Sabatier).

### L'économie de l'eau et les aménagements hydroagricoles

Chaque projet hydroagricole s'inscrit dans un contexte spécifique (physique, humain, social, économique). Il ne peut, en conséquence, y avoir de standards universellement applicables. L'importance et la diversité des résultats disponibles, tant en ce qui concerne les techniques culturales, les espèces et variétés que les méthodes et techniques d'irrigation, fait que, pour chaque cas, un ensemble de solutions techniques peut être proposé aux paysans pour qu'ils élaborent eux-mêmes leurs nouveaux systèmes de production. Parallèlement, des mesures de consommation hydrique sont effectuées dans les périmètres irrigués et des améliorations (performances du réseau mais également organisation des irrigations, des tours d'eau...) sont apportées pour rentabiliser au mieux l'eau, toujours rare et chère, et la distribuer de façon équitable.

Le projet de recherche-développement des terrasses du fleuve Niger (Sona, 1986-1990), destiné à élaborer une stratégie de mise en valeur de ces zones, adopte la même démarche que celle de la ferme expérimentale des cultures irriguées de Bambey et se déroule en milieu rural, avec un paysannat responsable. Le système d'exploitation préconisé doit permettre une évolution progressive des facteurs de production, sans pour autant compromettre les activités traditionnelles (dunaires) ou récentes (riziculture). Il propose, pour une superficie sous irrigation d'un hectare environ, en culture attelée, des innovations attractives pour les jeunes agriculteurs.

Si les résultats agronomiques sont encourageants, l'expérimentation montre la nécessité de recherches sur l'évolution des sols sous irrigation (dégradation de la structure et imperméabilisation sous l'action du sodium) et d'une formation à la définition des doses et fréquences d'irrigation.

Au Sénégal, dans le cadre du projet « Irrigation IV », sont mises en évidence une grande hétérogénéité dans les quantités d'eau apportées en riziculture ainsi que la difficulté pour les agriculteurs de maîtriser, sur une même parcelle, l'irrigation par submersion pour la riziculture d'hivernage et l'irrigation par ruissellement pour les cultures de diversification de saison sèche (maïs, blé, maraîchage...). Ces problèmes font encore l'objet de recherches actuellement.

## Conclusion

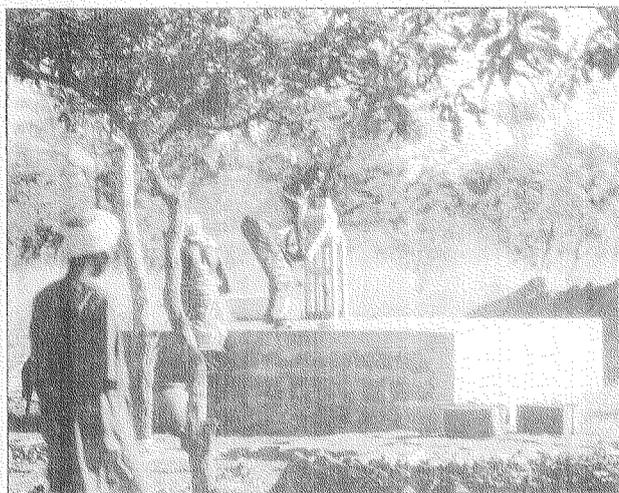
Tout d'abord réalisée en station, la recherche en hydraulique agricole définit un référentiel technique et scientifique portant essentiellement sur la détermination des relations, existantes ou probables, entre le climat et les sols d'une zone et son agriculture (évapotranspiration potentielle, réserve hydrique du sol, besoins en eau des cultures, zonage agroclimatique...). Si les résultats obtenus sont techniquement valables, leur application rencontre souvent des

difficultés vis-à-vis, d'une part, des agriculteurs qui n'ont pas une « culture de l'irrigation » suffisamment ancienne et pour qui des structures de formation et de suivi sont nécessaires, et, d'autre part, des aménagistes, concepteurs des aménagements hydroagricoles, qui associent rarement les chercheurs à la conception et à la réalisation des projets.

L'importance du facteur humain dans la réussite — ou l'échec — des périmètres irrigués explique l'adoption de la démarche-système dans la recherche sur les cultures irriguées : l'agriculture irriguée est raisonnée de façon globale, les aspects culturels, sociologiques, économiques occupant une place aussi importante que celle de la technique. Cette démarche, engagée en 1973 au Sénégal, se poursuit en 1985 au Niger et elle est maintenant reconnue par la recherche et par le développement : les agriculteurs sont, en effet, associés très tôt dans le processus des projets et, au terme des opérations, ils assurent souvent la gestion de l'irrigation dans les périmètres.

Après 1985, la recherche en hydraulique agricole se poursuivra avec l'expérimentation en agropédologie (réserve hydrique et caractérisation hydrodynamique des sols), en bioclimatologie (demande évaporative du climat, besoins en eau des cultures...) et sur les techniques d'irrigation, avec les mêmes méthodologies. En outre, avec le développement de l'informatique, la tendance s'orientera vers la collecte automatique des données, leur exploitation informatisée et la mise au point d'outils d'aide à la décision (logiciels de dimensionnement de réseau d'irrigation, de détermination des besoins en eau, de pilotage d'irrigation, de prévision de récolte en fonction de l'alimentation hydrique et minérale, optimale ou non...), de présentation attrayante et d'utilisation conviviale.

En vingt-cinq ans de recherche, l'acquis de l'IRAT dans le domaine de l'utilisation agricole de l'eau est important et significatif. Des concepts qui semblent actuellement d'une certaine banalité sont originaux à l'époque et méritent d'être mentionnés : démarche-système, travail en équipe pluridisciplinaire, nécessité de travailler en milieu non contrôlé, implication des acteurs de la production dans le processus de recherche-développement, prise de risque dans les opérations de recherche appliquée, etc. Il convient de rendre hommage ici à l'enthousiasme des chercheurs de terrain et à l'esprit d'innovation des responsables de recherche à l'époque.



Pompe manuelle villageoise. (© J. Teissier)



Irrigation avec sprinkler d'angle, Bambeï, Sénégal. (© R. Tourte)

Rampe d'irrigation motorisée, périmètre de Sourou, Burkina Faso. (© J. Chantereau)



71



Aménagement paysan à la Somivac, Soukouta, vallée de Guider, Casamance, Sénégal.



Courbes de niveau DRS, station du lac Alaotra, 1953 Madagascar. (© P. Roche)



Périmètre de Sourou, Burkina-Faso. (© J. Chantereau)



# Les systèmes de production



# La défense des cultures

Avertissement. Ce chapitre n'est que synoptique et résumé de l'évolution des conceptions de l'IRAT, dans le domaine de la protection phytosanitaire. L'essentiel des travaux intéressant les grandes productions étudiées par l'institut a été rapporté dans le volume I, aux rubriques correspondant à ces productions.

## La phytopathologie

75

### Le service de phytopathologie

« La station de Nogent-sur-Marne, confiée à l'IRAT dès sa création en 1960, est la plus ancienne de toutes puisqu'elle fonctionne depuis la fondation du Jardin colonial... »<sup>1</sup>. Elle relève du ministère de la France d'outre-mer ; un pavillon y abrite la division de défense des cultures et ses trois services, phytopathologie, entomologie et phytopharmacie.

Une partie du personnel de la station est transférée progressivement à l'IRAT ; après recrutements, l'organigramme reste basé sur les trois services indiqués ci-dessus. Gilbert Bouriquet, phytopathologiste et spécialiste du vanillier<sup>2</sup>, continue d'assurer la direction de la division.

Le service de phytopathologie dispose, outre de bureaux, d'une bibliothèque importante et d'un laboratoire axé essentiellement sur l'étude des champignons parasites. L'étude sur spécimens de plantes malades reçues d'outre-mer permet souvent de définir la maladie et de proposer des méthodes de lutte.

#### PILOTAGE DU SERVICE DE PHYTOPATHOLOGIE

Le premier titulaire est Michel Delassus. Conséquence des nombreuses conventions signées entre les nouveaux Etats de l'Afrique continentale et l'IRAT, les demandes de travaux s'amplifient fortement et un deuxième chercheur, Vuong Huu Hai, est affecté à Nogent. Lors du départ de Gilbert Bouriquet, Hubert Barat, phytopathologiste spécialisé en canne à sucre, puis

1. BARAT H., 1974. Coopération, phytopathologie et canne à sucre. Notes et actualités. *L'Agronomie tropicale*, 29 (6-7) : 739-741.

2. BOURIQUET G., 1954. *Le vanillier et la vanille dans le monde*. Editions P. Chevalier.

Jean Brenière, entomologiste, sont chargés successivement de la division de défense des cultures. La délocalisation vers Montpellier étant décidée, Pierre Baudin (virologie et canne à sucre) devient responsable de la phytopathologie et Michèle Chatenet (phytopathologie), Janine Coquard et Mauricette Pichot (entomologie) sont les premières à rejoindre le site. Mais ce volet, métropolitain à l'époque, ne doit pas faire oublier le personnel œuvrant outre-mer, cité ci-après.

#### ACTIVITÉS

Semblable aux différents services de l'IRAT partagés entre des impératifs de recherche et d'autres de coopération, la phytopathologie conduit ses activités à la fois en France et dans les pays d'outre-mer ; un double flux de données, de problèmes et de résultats alimente les programmes. Peut-être les missions d'étude et d'identification y jouent-elles un rôle plus important qu'ailleurs. Sur le plan de la programmation, l'ensemble des plantes est concerné, même si la canne à sucre, le riz et le maïs y tiennent toujours une large place.

#### MISSIONS D'ÉTUDE

D'une durée de un à quelques mois, les missions d'étude sont assurées dans les pays où l'IRAT ne dispose pas de chercheurs phytopathologistes en poste. Les travaux portent sur les cultures suivantes : mil, sorgho, maïs, riz, blé, soja, canne à sucre, betterave sucrière, tabac, cultures maraîchères. Plusieurs pays sont concernés : Algérie, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Cameroun, Mali, Niger, Congo, Ethiopie, Sénégal. Les études donnent lieu à des rapports et à des publications dans *L'Agronomie tropicale*.

#### Un dispositif essentiel en France

##### LA STATION DE QUARANTAINE

L'appui au développement des productions nationales, plus précisément l'amélioration des conditions de culture et la lutte contre le parasitisme, exige chaque année de nouvelles introductions garanties sur le plan phytosanitaire, ce qui suppose isolement, expérimentations intermédiaires, tests phytosanitaires...

Pour ce faire, le ministère des DOM-TOM dote le service d'une serre performante à partir de 1971. Payée sur Fonds de rénovation de l'industrie sucrière des Antilles, elle est pourvue d'un éclairage artificiel, d'appareils de conditionnement de l'air, etc. Sa capacité d'accueil et de traitement est alors de 72 variétés de canne. L'IRAT prend rang dans l'ensemble des organismes disposant de stations de quarantaine (station de Muguga, 300 variétés, celle d'Ibadan au Nigeria, 100 variétés, la collection génétique de Canal Point-Beltsville, US Department of Agriculture...). En 1976, la station est transférée à Montpellier dans deux nouvelles serres. La capacité est portée à 100 variétés pour la canne, notamment.

Les plantes sont désormais contrôlées selon des protocoles stricts et subissent des tests spécifiques (mosaïque, échaudure des feuilles, rabougrissement des repousses, charbon...). Plus tard, une vitrothèque complète la capacité de stockage de l'ensemble. La situation géographique de cette station de quarantaine, hors zones de production sucrière, permet également de réaliser des tests de criblage variétal pour des centres de sélection d'un pays où le patho-

gène n'est pas présent (mosaïque pour la Guadeloupe). Ces moyens contribuent au renom du centre de Montpellier et permettent de mener à bien les recherches sur ce site. Ainsi, une nouvelle virose de la canne (*peanut clump virus*) est mise en évidence dans ces laboratoires, en 1988, tandis que l'appui aux programmes outre-mer est renforcé<sup>1</sup>. De même, la bactérie responsable de l'échaudure des feuilles de canne y est isolée et déterminée, à partir d'échantillons provenant de Haute-Volta, de la Réunion et de Guadeloupe. Les travaux donnent lieu à une synthèse sur une maladie connue depuis le début du siècle et pour laquelle existent encore bien des incertitudes<sup>2</sup>.

Si le cas de la canne à sucre est ainsi illustré, le travail sous serre porte aussi sur d'autres productions, tel le riz, dont les graines sont infestées par un nématode ayant déclenché la maladie du *white-tip*. La mise au point d'un traitement par thermothérapie permet de limiter son extension. C'est aussi en France que sont conduites les recherches liées au transport des produits maraîchers (aubergines notamment), originaires des Antilles, études associant importateurs et exportateurs.

« Du point de vue technique, on a cherché à substituer à la simple observation de maladies et à l'élimination du matériel malade un rôle de diagnostic précoce par les techniques modernes de sérologie et d'assainissement du matériel végétal (traitements, puis liaisons avec le service de culture *in vitro*) »<sup>3</sup>.

### VALORISATION ET MARCHÉS

Le service assure l'enseignement de la pathologie végétale auprès de l'Ecole nationale supérieure d'agronomie tropicale, ainsi qu'une spécialisation en défense des cultures, à des techniciens africains. Enfin, des recherches peuvent être conduites pour des organismes autres que l'IRAT (contrats de recherche). Les études concernant les maladies du riz irrigué au Bénin sont ainsi menées dans le cadre d'un projet PNUD de mise en valeur de la vallée de l'Ouémé.

### Les implantations outre-mer

Le Sénégal, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Mali, Madagascar, la Réunion disposent en permanence de services de phytopathologie plus ou moins étoffés. Au Sénégal, Pierre Goarin dirige la division de défense des cultures de Bambey. Les travaux portent sur les maladies de l'arachide, avec la mise au point et la vulgarisation des traitements fongicides-insecticides des semences. Il en va de même pour la lutte contre la cercosporiose, avec l'emploi des dithiocarbamates (pour l'augmentation des rendements).

Dans les années 60, la mise en évidence d'une toxine dans les graines (l'aflatoxine) sécrétée par un champignon (*Aspergillus flavus*) suscite de nom-

1. DEVERGNE J.-C., BAUDIN P., CHATENET M., CARDIN L., 1982. Utilisation du test ELISA pour la sélection de cannes à sucre résistantes à la multiplication du virus de la mosaïque (SCMV). *L'Agronomie tropicale*, 37 (2) : 185-193.

2. ROTT P., CHATENET M., GRANIER M., BAUDIN P., 1988. L'échaudure des feuilles de canne à sucre provoquée par *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. I. Synthèse bibliographique. II. Diagnostic et spectres d'hôtes de l'agent pathogène en Afrique tropicale. *L'Agronomie tropicale*, 43 (3) : 236-243 ; 244-251.

3. BAUDIN P., 1984. Quarantaine de canne à sucre à Montpellier, France. *L'Agronomie tropicale*, 39 (3) : 262-268.

breuses études. Les influences des conditions culturales, des variétés, de la teneur en eau des graines, des dates de récolte, des attaques parasitaires, des souches de champignon... sur les niveaux de toxicité sont passées en revue. Plusieurs VSN (volontaires du Service national), R. Valette, P. Jan, M. Munio et Bic, participent à ces travaux tandis que les analyses physico-chimiques sont confiées à Suzanne Goarin. Pierre Bouhot (INRA) s'intéresse à *Macrophomina phaseoli*, responsable d'un dessèchement de la plante et précurseur de *A. flavus*. Jean-Claude Girard poursuit ces travaux en s'intéressant à la pathologie du petit mil, dont les variétés naines présentent une grande sensibilité au mildiou.

Au Niger, B. Jouan (INRA) fait le point sur les maladies des mils et sorghos locaux. Les recherches conduites sur ces plantes le sont d'ailleurs essentiellement en Afrique tropicale, au Sénégal, en Haute-Volta (Burkina Faso), etc. Elles concernent les charbons, le mildiou, la moisissure des grains, la pourriture charbonneuse. La lutte s'organise autour de croisements génétiques (programme IRAT-Paris VIII-ICRISAT), pour l'amélioration des caractéristiques morphologiques dans le cas du sorgho. Plus simplement, des formulations sont obtenues pour la désinfection des semences, associant fongicides et insecticides<sup>1</sup>.

Au Mali, H.H. Vuong travaille sur les maladies du riz.

Au Cameroun, dans la plaine des M'Bos, les observations sur la pyriculariose du riz pluvial (M. Delassus) mettent en évidence la nécessité d'une bonne structure du sol pour maîtriser la maladie et obtenir des rendements corrects. En effet, si le riz pousse normalement juste après le défrichage, dès la deuxième année, de nombreux aléas surviennent lorsque les techniques ne sont pas maîtrisées. Les rendements peuvent, dès lors, être réduits à la portion congrue.

En Côte d'Ivoire, à Bouaké, J.-M. Bidaux conduit un programme sur la pyriculariose du riz ; il approfondit les relations hôte-parasite en vue d'obtenir des variétés à résistance stable. Ces travaux sont réalisés en collaboration avec le Pr J. Chevaugéon de la faculté d'Orsay. Le parasitisme est important et diversifié pour le manioc et l'igname (nématodes, anthracnose, viroses...). Une bactérie responsable du flétrissement du manioc, dans le nord-ouest de la Côte d'Ivoire<sup>1</sup>, est identifiée. Ce résultat est déterminant pour l'Afrique et l'Amérique du Sud.

Madagascar présente une situation privilégiée en matière de lutte contre la pyriculariose du riz (Jean-Loup Notteghem). Des travaux essentiels sur l'identification des souches parasites y sont conduits. L'étude des capacités de résistance variétale est de même nature que celle du programme ivoirien. L'ensemble des résultats obtenus sous-tend désormais les travaux de sélection. *Pyricularia oryzae* n'est malheureusement pas seul responsable des maladies du riz ; *Pseudomonas fuscovagine*<sup>2</sup> est identifié comme cause de la

1. NOTTEGHEM J.-L., CHATENET M., POUZET D., 1980. Mise en évidence de *Xanthomonas campestris* pv *manihotis*, agent du dépérissement du manioc en Côte d'Ivoire. *L'Agronomie tropicale*, 35 (2) : 189-191.

2. WILLIAMS R.J., FREDERIKSEN R.A., GIRARD J.-C., 1978. Manuel d'identification des maladies du sorgho et du mil. *Bulletin d'information*, 2, 89 p.

pourriture bactérienne des graines et *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* comme celle du flétrissement.

Le service de phytopathologie d'Antananarivo (Mme Rasolofo) étudie *Pseudomonas solanacearum*, bactérie parasite de nombreuses cultures comme la tomate et la pomme de terre. Ses travaux portent aussi sur les nématodes des cultures maraîchères.

A Antalaha, le dépérissement du vanillier, dû à une fusariose des racines et un mildiou des parties aériennes, est suivi par Declerc. L'amélioration des conditions culturales ainsi que la création, par hybridation, de variétés productives et résistantes permettent de réduire l'incidence des attaques.

A La Réunion, Roger Dadant, directeur du centre et phytopathologiste, s'intéresse aux maladies du géranium rosat (anthracnose), du tabac et des cultures vivrières, tandis que Michel Hoarau se consacre aux maladies de la canne à sucre.

S'agissant du maïs, « plusieurs viroses causées par le *maize streak virus* (MSV), le *maize mosaic virus* (MMV) et le *maize stripe virus* (MStpV) affectent le maïs à La Réunion. Après purification des virus et préparation des antisérums spécifiques, la méthode ELISA indirecte simple sandwich permet un diagnostic rapide des viroses présentes dans les parcelles de sélection et dans les plantes hôtes spontanées »<sup>2</sup>.

## L'entomologie

Après l'ère des « naturalistes voyageurs », qui avaient défriché la systématique des espèces, les premiers entomologistes qui s'intéressent aux insectes tropicaux, du point de vue de l'agriculture, apparaissent vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ils s'établissent de manière plus organisée au cours des premières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, et ce qu'on appelle l'école de Nogent fournit l'essentiel des cadres qui vont alors s'expatrier. Parmi ces premiers pionniers, on peut citer Hubert Barat, Gilbert Bouriquet, Roland Portères... ainsi que ceux qui se distinguent du point de vue de l'entomologie : Louis Caresche, Claudius Frappa... L'organisation d'un ensemble cohérent de formation appliquée à la recherche-développement se fait alors lentement en France : en 1938, l'ensemble colonial français ne compte qu'une dizaine d'entomologistes, alors qu'il en existe 200 à 300 dans les possessions britanniques. Les préoccupations économiques prennent, en outre, le pas sur l'acquisition des connaissances et les premiers instituts spécialisés comme les premières stations d'essais concernent principalement les cultures de rente (IFC, 1936 ; IRHO, IFAC, IRCA, 1941 ; IRCT, 1946).

Il n'en reste pas moins qu'une deuxième génération d'entomologistes tropicaux voit le jour après la Seconde Guerre mondiale, au fur et à mesure des créations des instituts (Robert Delattre, Jean Le Gall, Antoine Angelini, Pierre Galichet, Emile Lavabre, Jean Brenière...).

---

1. ROTT P., NOTTEGHEM J.-L., 1988. Identification and characterisation of *Pseudomonas fuscovagine*, the causal agent of Bacterial Sheat Brown Rot of Rice, from Madagascar and other countries. *Plant Disease*, 73 (2) : 133-137.

2. PETERSCHMITT M., CHATENET M., BAUDIN P., 1986. Application de la méthode ELISA au diagnostic des viroses du maïs. *L'Agronomie tropicale*, 42 (2) : 131-137.

Bien que la station de Bambey (Sénégal) ait, très tôt, inscrit le mil et le sorgho dans son programme, les cultures vivrières sont prises en compte assez tardivement. Elles sont, en outre, dans les années 1950, l'objet de rivalités et de conflits d'attribution entre la recherche agronomique, dépendant des services d'agriculture d'outre-mer, et l'ORSTOM, jusqu'à la création de l'Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières (IRAT), en 1960. Celui-ci récupère les installations de Nogent-sur-Marne, en attendant de disposer de celles de l'outre-mer dans le cadre des accords de coopération. Plusieurs chercheurs ORSTOM y sont détachés, dont Jean Appert et Jean Brenière, en ce qui concerne l'entomologie. Tout reste, cependant, à organiser.

A partir d'une expérience de lutte antiacridienne contre le criquet migrateur malgache, réalisée dans l'urgence et ayant largement fait appel à des traitements insecticides (1949-1954), J. Brenière met sur pied un service devant répondre à plusieurs exigences. Il faut, d'une part, choisir entre des plantes hôtes nombreuses dont les implications sociales et économiques sont fort différentes (mil et sorgho à finalité vivrière, ou canne à sucre à développement industriel important) et, d'autre part, entre des thématiques et des technologies de lutte diverses : la lutte chimique commence à montrer ses limites et, depuis déjà un certain temps, on sait qu'il faut beaucoup mieux connaître la biologie des nuisibles pour mieux les combattre. La systématique des insectes utiles est, en outre, loin d'être entièrement connue et des besoins de vulgarisation et de formation réclament la mise au point de fiches techniques ou de livres, domaine où Jean Appert s'illustre plus particulièrement.

Enfin, un besoin de hiérarchiser l'importance des insectes nuisibles, en se fondant sur l'estimation des pertes, se fait sentir. En l'absence d'entomologistes à demeure, les entomologistes des services centraux effectuent des missions d'étude et d'analyse pour définir les urgences. Dans cette logique, il importe de considérer les pertes au champ, mais aussi celles enregistrées au stockage.

La relecture des événements passés et des actions engagées montre bien que toutes ces questions sont sous-jacentes dans la réflexion des concepteurs de la division de protection des cultures. A travers limites budgétaires et priorités techniques, émerge progressivement une équipe d'entomologistes destinés à répondre à la majorité de ces questions. Sous la houlette d'anciens (H. Barat, G. Bouriquet), les entomologistes fondateurs (J. Brenière et J. Appert) se consacrent à deux plantes importantes, le riz et la canne à sucre, encore plantes phares du CIRAD actuellement. Ils sont rapidement rejoints par Jean-Georges Pointel, qui s'intéresse à la protection phytosanitaire des stocks, après avoir fait ses premières armes sur la canne.

L'accent est mis sur l'étude de la biologie et la dynamique des insectes qui paraissent les plus dommageables. Les chenilles mineuses de tiges deviennent un modèle d'étude, dans la mesure où ces adversaires sérieux se retrouvent régulièrement sur les graminées, qui forment l'essentiel des plantes hôtes traitées par l'IRAT.

D'emblée, la lutte biologique est favorisée, pour réduire les dégâts des insectes, tout en ne négligeant pas les autres formes de lutte. La nature des systèmes de production intégrant ces cultures explique cette attitude qui n'est

pas celle adoptée pour d'autres cultures plus spéculatives, justifiant mieux le coût d'intrants chimiques.

Les deux nouveaux entomologistes engagés (Marc Betbeder-Matibet et Jean Etienne) suivent une formation commune à l'ORSTOM, avant de rejoindre leur affectation, sur les limites de l'océan Indien, zone privilégiée des actions de l'IRAT à ses débuts. Cette formation initiale des aspirants à une carrière outre-mer devient également une constante. Historiquement, les entomologistes tropicaux avaient dû se former sur le terrain. L'état de l'art et les objectifs, devenant plus complexes, nécessitent de donner à tous les nouveaux ingénieurs-chercheurs une information succincte sur les nombreuses facettes de l'entomologie et de favoriser les rencontres avec des collègues d'autres institutions de recherche, tels ceux de l'INRA ou de l'ORSTOM. Certains suivent même des formations universitaires (DEA). Par la suite, on pousse les jeunes chercheurs à passer des thèses.

M. Betbeder-Matibet et J. Etienne s'orientent, tout d'abord, vers la canne à sucre, dont les caractéristiques culturelles (long cycle de culture, forte masse végétale, richesse de la biodiversité) se prêtent à la mise en place de la lutte biologique. Compte tenu de leur vocation très appliquée, les entomologistes de l'IRAT ont un programme principal, ce qui ne les empêche pas d'agir sur des organismes précis de plantes situées dans leur champ d'action (tabac, légumineuses vivrières, vanille...). Les introductions peuvent donc s'élargir à un vaste éventail de cultures.

A côté d'échecs inhérents à ce type de lutte, de belles réussites sont alors enregistrées. Actuellement, on serait plus réticent à importer des organismes « utiles », mais des précautions minimales avaient été prises pour ne pas risquer des effets non intentionnels négatifs. Dans une première phase, commune aux entomologistes de la planète, il n'était alors pas très dangereux ni trop onéreux d'introduire des parasitoïdes spécifiques de foreurs, en vue de reproduire des équilibres constatés sur d'autres continents.

Après un fort investissement sur une culture de rente, on oriente les nouveaux venus (Bernard Vercambre, Benoit Sauphanor, C. Monnet, Alain Ratnadass) vers des cultures paysannes telles que le riz, le mil, le sorgho, du champ à la conservation des stocks. Par la même occasion, les services centraux s'étoffent, afin de venir en appui aux chercheurs sur le terrain (élevages semi-artificiels des bio-agresseurs et production d'insectes auxiliaires pour des opérations de lutte biologique) et de faire la jonction avec les collègues métropolitains d'autres instituts de recherche. C'est ainsi que Dominique Bordat, Janine Coquard, dès Nogent-sur-Marne, puis Mauricette Renand, à Montpellier, renforcent l'équipe.

Compte tenu de l'immensité de la tâche, il faut, simultanément, faire preuve de souplesse dans les activités, ce qui peut, parfois, s'apparenter à de la dispersion. La compréhension des écosystèmes est à géométrie variable, suivant l'importance des problèmes ou des moyens humains et techniques disponibles. Il faut déterminer le point nécessaire mais suffisant permettant d'apporter une solution novatrice. Parfois, ces travaux vont jusqu'à atteindre des niveaux académiques (doctorats, thèses), apportant alors un éclairage exhaustif sur un sujet d'intérêt général. Marc Betbeder-Matibet illustre ainsi,

peu de temps avant sa disparition, cette diversité des problèmes traités par les entomologistes de l'IRAT :

« Les travaux ont été principalement conduits sur : des foreurs de tiges, africains ou cosmopolites, comme *Eldana saccharina*, *Chilo sacchariphagus*, *Chilo partellus*, *Chilo zacconius*, *Maliarpha separatella*, *Sesamia calamistis*, sur céréales et canne à sucre ; des défoliateurs ou mineuses des feuilles comme *Plutella xylostella*, *Liriomyza* spp. ou *Mussidia nigrivenella* ; des déprédateurs des systèmes racinaires comme *Hoplochelus marginalis*, *Eulepida baumanni* ou *Yanga guttulata*. Certains ravageurs n'appartenant pas à la classe des insectes ont également été étudiés. On peut citer : des escargots géants, appelés achatines, gros consommateurs de feuilles dans les îles de l'océan Indien ; des nématodes des racines et des grains de riz à Madagascar. » S'agissant des méthodes de lutte préconisées, M. Betbeder-Matibet ajoutait : « Sur les cultures à faible niveau de productivité, la mise au point de méthodes de lutte agronomiques et biologiques a été privilégiée. Des parasites d'œufs (trichogrammes), de larves (braconides, tachinaires), de nymphes (eulophides) ont été introduits dans certaines régions et leur implantation parfois réussie : *Cotesia (Apanteles) flavipes* contre *C. sacchariphagus*, foreur des tiges de la canne à sucre, *Apanteles sesamiae* ou *Pediobius furvum* contre *S. calamistis*, en particulier dans les Mascareignes. Dans d'autres cas, l'implantation de parasites a contribué à la réduction des dégâts : *Apanteles subandinus* contre *Phthorimaea operculella* sur tabac, à Madagascar.

82

Sur certaines cultures intensives, par exemple sur le riz irrigué en Afrique de l'Ouest et à Madagascar, des solutions curatives, basées sur l'épandage d'insecticides, ont été proposées pour lutter contre les foreurs des tiges (*M. separatella* ou *C. zacconius*). Récemment, des agents pathogènes (*Bacillus thuringiensis* contre *P. xylostella* ou *Beauveria brongniartii* contre *H. marginalis*) ont aussi été utilisés avec succès. Ces opérations de lutte biologique ont nécessité la mise au point de techniques de production massale d'un certain nombre d'espèces de ravageurs et de parasites. L'IRAT a ainsi acquis un savoir-faire dans le domaine des élevages intensifs de diverses pyrales et noctuelles sur des milieux nutritifs artificiels, ainsi que de nombreux parasitoïdes sur leur hôte d'origine ou sur des hôtes de substitution. »

En entomologie, comme dans les autres domaines, l'IRAT s'est ainsi efforcé de s'adapter à l'environnement, aux milieux physiques, techniques, humains, aux conditions économiques. Il a pu faire progresser les connaissances et innover en méthodologie des recherches et techniques de lutte.

Ses compétences ont su attirer, dans ses services et laboratoires, de nombreux étudiants et chercheurs des pays tropicaux. Elles ont, en outre, permis de fructueuses collaborations avec les organisations scientifiques françaises et internationales, tels l'INRA, les centres internationaux, etc., et, dans plusieurs cas, l'affectation d'entomologistes IRAT dans ces organisations (A. Ratnadass à l'ICRISAT, par exemple).

## L'acridologie

Dès sa création, l'IRAT est confronté au problème acridien, fléau historique à Madagascar. A cette époque, la Grande Ile vient de subir une des plus longues et violentes invasions dont le criquet migrateur malgache est coutu-

mier, sur la quasi totalité du pays, détruisant sur le passage de ses essaims la plupart des cultures : riz, maïs, cultures maraîchères et fruitières, canne à sucre...

### Les grandes invasions

Dès les premiers vestiges connus de l'histoire de Madagascar, la sauterelle *Locusta migratoria* sous-espèce *capito* apparaît comme un véritable fléau, cause de sévères famines. On peut suivre la trace de ses méfaits tout au long des siècles et des années : 1625, 1639, 1880 à 1888, 1909 à 1915, 1923 à 1931. Cette dernière invasion survient peu après la découverte par B. Uvarov, en 1921, du mécanisme du changement des phases chez les acridiens migrants.

B. Zolotarevsky, collaborateur et ami du maître en acridologie, est envoyé dans la grande île où, de 1926 à 1930, il établira les bases de l'acridologie malgache : localisation des aires grégarigènes de la locuste dans l'extrême sud-ouest de Madagascar, conditions de l'apparition des invasions de la phase grégaire, stratégie de surveillance et de lutte préventive centrée sur les aires grégarigènes, création du centre de surveillance et de lutte basé à Betioky Sud, dans la province de Tuléar.

Quelques années plus tard, la guerre de 1939-1945 isole Madagascar de la métropole française, rompant les approvisionnements les plus nécessaires alors qu'une nouvelle invasion de sauterelles se déclenche sans que le centre de Betioky, dépourvu de moyens et de personnel, ait pu en empêcher ni en retarder le départ.

### La création d'un premier service antiacridien

#### ORGANISATION DE LA LUTTE CONTRE LES SAUTERELLES

Cette invasion va se poursuivre durant près de vingt ans (1937-1957). Claudius Frappa, l'unique entomologiste des services agricoles, se consacre désormais entièrement à la lutte. Il crée un service antiacridien dont il prend la tête. Les moyens d'abord dérisoires vont progressivement s'accroître au fil des années. Il faudra cependant attendre 1950 pour qu'arrivent en grandes quantités matériels de traitement, insecticides, véhicules tout-terrain...

Les équipes de lutte s'approvisionnent en quantités considérables d'acricide (essentiellement du HCH Technique à 25 %) sont répandues sur les bandes larvaires et les essaims dans tout le pays. C. Frappa, assisté par J. Brenière puis par J. Tetefort et H. Lauffenburger, organise de véritables campagnes militaires d'intervention. A partir de 1952, l'équipement se perfectionne encore et atteint, avec une escadrille d'avions poudreux et deux hélicoptères, une puissance de combat enfin à la mesure de l'adversaire. Finalement, les efforts du service antiacridien sont récompensés. L'accalmie survient enfin, de 1955 à 1957, à la faveur sans doute de séquences climatiques moins favorables à la multiplication des essaims.

#### MISE EN PLACE DES MÉTHODES ET MOYENS DE SURVEILLANCE

Le centre de Betioky, jusqu'alors entièrement absorbé par la lutte immédiate, va enfin pouvoir exercer un véritable rôle de surveillance et de lutte préventive. A ce moment-là, le service de défense des cultures de Madagascar, au sein duquel fonctionne toujours le service antiacridien, dispose à Betioky

d'équipes qui, tout en achevant les destructions des dernières bandes larvaires, commencent à relever l'évolution des locustes, « retournées », si on peut dire, à la phase solitaire-sédentaire.

Mais il n'est pas facile de déterminer les modes de sondage qui conviennent et encore moins leur signification écologique. Pour y parvenir, l'IRAM (Institut de recherches agronomiques de Madagascar), à qui est dévolue la charge de toutes les recherches agronomiques de la Grande Ile et donc les recherches d'entomologie agricole, va créer une station de recherches acridiennes qu'il implante tout naturellement à Betioky, en bénéficiant des installations existantes et des observations conduites sur le terrain par le service de surveillance et de lutte.

Une coopération, aux bénéfices réciproques, des deux organismes s'instaure ; pour la première fois, deux entomologistes, J. Teteftort et D. Wintrebert, membres de l'IRAM, vont pouvoir engager l'étude écologique des mécanismes du grégarisme à l'abri des contraintes et des responsabilités inhérentes à la gestion du dispositif de surveillance.

#### INTERVENTION DE L'IRAT

A partir de 1958, l'IRAM est rattaché à l'ORSTOM et, deux ans plus tard, lors de la création de l'IRAT, la petite équipe du centre de recherches acridiennes de Betioky se trouve, avec l'ensemble de l'IRAM, sous la houlette du nouvel institut. Dès lors, avec des moyens convenables mais encore modestes, le programme de recherche engagé depuis 1956 peut se poursuivre sans heurts jusqu'à ce que l'ampleur du sujet, enfin reconnue, nécessite la mise en œuvre de nouvelles structures et de moyens encore plus performants que l'IRAT n'était pas en mesure d'engager. L'objectif essentiel de la station de recherches acridiennes est l'étude de la biologie et du comportement du criquet migrateur malgache dans sa phase solitaire, pour en dégager les conditions déterminant son grégarisme.

L'étude concerne également le deuxième acridien migrateur de Madagascar, *Nomadacris septem asciata*, dont les essaims plus destructeurs encore que ceux de la locuste se déclenchent parfois, fort heureusement plus rarement. Il faut également dégager, parmi les fluctuations du climat et des microclimats, et celles du milieu physique et édaphique, les facteurs létaux, favorables ou défavorables à la concentration et à la constitution des bandes larvaires.

J. Teteftort et D. Wintrebert parcourent les aires grégarigènes en tous sens, analysent les conditions favorables à la ponte et à l'incubation des œufs dans le sol, la concentration des larves, les successions des variations microclimatiques permettant, sur chaque site observé, la concentration ou la dispersion des solitaires. Ils décrivent les types de sites de reproduction et d'alimentation, les conditions de reproduction, le parasitisme influant sur la dynamique et la densité des solitaires, les cycles des générations annuelles et leurs variantes en période d'accalmie ou lorsque la grégarisation intervient... Bientôt, de nombreuses notes sont remises au service de prévention. Elles lui permettent de perfectionner ses moyens d'investigation, d'où il ressort de meilleures informations, précieuses pour la recherche.

Cet effort collectif va se poursuivre jusqu'en 1965 et au-delà ! Il en sortira quantité d'informations biologiques et écologiques que J. Teteftort et D. Win-

trebert regroupent en un opuscule à l'usage des services de surveillance, intitulé « Eléments d'acridologie pratique à Madagascar » et publié dans la revue *L'Agronomie tropicale* (1963, n° 9, p. 875-932).

### LES AVANCÉES DE LA RECHERCHE

Les avancées résultent des recherches portant essentiellement sur la connaissance des foyers de grégarisation : leurs caractéristiques phytosociologiques, leur distribution géographique et la description des mécanismes qui, sur ces foyers, engagent le processus de grégarisation. Cependant, au cours de ces prospections, J. Teteftort observe sur certains sites de brusques concentrations d'imagos solitaires tout à fait inattendues, qu'il ne peut expliquer par la seule concentration de sujets dispersés dans l'environnement le plus proche.

De 1959 à 1965, J. Teteftort organise chaque année des campagnes de marquage réparties sur une dizaine de sites repérés dans l'aire grégarigène. Près de 600 000 sauterelles sont marquées ; un petit nombre d'entre elles sont retrouvées plus ou moins loin des lieux de leur libération. L'une d'elles est retrouvée à plus de 200 km du point de départ cinq jours après. Il est abondamment démontré que, contrairement à une idée jusqu'alors largement établie, solitaire ne veut pas dire sédentaire.

Les déplacements de solitaires à l'intérieur et sans doute au-delà de l'aire grégarigène constituent un élément prépondérant dans la dynamique de leurs populations, contribuant notamment à leur concentration en certaines périodes et sur certains sites. Ces déplacements à longue et moyenne distance sont liés à des modifications périodiques du microclimat, dont J. Teteftort et D. Wintrebert tirent parti pour analyser la chronologie des migrations et des concentrations qui en résultent. Les fluctuations considérables observées dans les populations de solitaires s'expliquent donc par leur capacité à parcourir de longs déplacements.

Il en ressort deux catégories de stations : celles sur lesquelles la reproduction intervient toute l'année, et celles où la reproduction n'est possible qu'en saison des pluies et qui reçoivent périodiquement des apports de l'extérieur. En outre, on s'aperçoit que certains imagos peuvent vivre plus d'un an, c'est-à-dire bien plus longtemps que la plupart de leurs congénères, sans doute en raison de leur capacité de déplacement leur permettant de choisir les sites qui leur sont le plus favorable. Au terme de son analyse, J. Teteftort considère que la grégarisation se produit au cours de la deuxième reproduction de raison chaude et que la formation de bandes larvaires apparaît lorsqu'une troisième génération est présente à la fin de cette même saison : cette situation ne se représente ni tous les ans ni dans toutes les stations.

Le cadre trop rigide de l'aire grégarigène, tel que l'avait défini B. Zolotarevsky, s'avère désormais trop étroit. Il apparaît nécessaire d'y ajouter certaines zones où le nomadisme de l'insecte peut entraîner, en raison des circonstances, sans doute temporaires, des points de concentration favorables à l'apparition de la phase grégaire. C'est ce que montre D. Wintrebert, estimant que les aires grégarigènes se prolongent au nord du fleuve Mangoky, dans la région de Morondava.

Ces études réalisées par J. Teteftort de 1957 à 1973 et par D. Wintrebert de 1962 à 1973, tout en faisant progresser, comme nous venons d'en donner

quelques aspects, la connaissance des mécanismes déterminant les invasions des acridiens malgaches, en font aussi ressortir toute la complexité. Les moyens dont ils disposent restent cependant trop modestes pour mener à bien les études complexes d'écologie quantitative, nécessaires à l'obtention de systèmes prévisionnels fiables indispensables à l'exécution d'une lutte préventive rationnelle et efficace. C'est pourquoi, à partir de 1967, de nombreuses démarches sont entreprises auprès des instances internationales d'assistance au développement.

Un projet PNUD-FAO voit le jour en 1972. La coopération française y prend une part active en mettant à la disposition du projet J. Teteftort et D. Wintrebert, désormais experts de la FAO. Ils peuvent ainsi poursuivre leur tâche avec des moyens élargis et l'appui d'une équipe de jeunes acridologues français. L'IRAT passe désormais la main à cette nouvelle structure, plus conforme à l'ampleur du problème et que les seuls moyens de l'Institut n'auraient pu supporter. De cette nouvelle équipe, dont on peut dire que les précurseurs, J. Teteftort et D. Wintrebert, en ont été également les initiateurs, ressortira plus tard une somme remarquable de connaissances, faisant progresser l'acridologie au-delà même des limites de Madagascar. Mais ceci est une autre histoire, liée à la création du PRIFAS par le CIRAD.

## La phytopharmacie

A la création de l'IRAT, Jacques Gry, ingénieur des Services de l'agriculture outre-mer, est le premier titulaire, en 1960, de la section de phytopharmacie de la division de défense des cultures dirigée par G. Bouriquet, inspecteur général des laboratoires de l'agriculture de la France d'outre-mer, premier chef de la division à l'IRAT.

La section de phytopharmacie se consacre, à ses débuts, à de nombreux travaux sur les possibilités d'emploi de nouveaux insecticides contre les acridiens ainsi que sur le contrôle de la persistance de l'efficacité des stocks de produits emmagasinés en Afrique. Ces travaux sont financés partiellement par l'OICMA (Organisation internationale contre le criquet migrateur africain). De nombreux élevages de criquets sont conduits dans les locaux de la division de défense des cultures, de même que des élevages de moustiques pour les tests biologiques de résidus de pesticides. Ces travaux commencés à l'IRAT donneront l'un des fleurons actuels du CIRAD : le PRIFAS. En 1964, l'IRAT joue un rôle moteur dans la tentative de créer une unité interinstitut pour l'étude des pesticides<sup>1</sup>.

En 1965, la section de phytopharmacie devient au départ de J. Gry un service de recherche (1965-1969, J. Deuse ; 1969-1976, P. Jan).

Le service de phytopharmacie de l'IRAT est, en étroite collaboration avec le laboratoire de phytopharmacie de l'INRA (M. Vieil) et le Comité de liaison de lutte contre les mauvaises herbes (COLUMA), l'initiateur de recherches en malherbologie tropicale et protection des denrées stockées en zones tropicales (travaux de Jean-Georges Pointel et de ses collaborateurs). Sur le plan

1. Rapport préliminaire : Coopération interinstituts pour l'étude des pesticides par J. Gry, J. Coquard, en collaboration avec J. Cuillé et G.L. Lagièrre.

international, le service prête son concours à la FAO pour établir le premier laboratoire de pesticides dans le cadre de l'Institut de technologie alimentaire de Dakar (Sénégal), et il est consultant auprès de nombreuses organisations internationales (ONUDI, OMS...). Le service publie de nombreux documents techniques et ouvrages scientifiques qui sont l'objet d'une distinction honorifique en 1980 (médaille de Vermeil de l'Académie d'agriculture de France). Enfin, activité annexe, le service de phytopharmacie (devenu laboratoire d'accueil de phytopharmacie en 1989) s'occupe avec succès de la culture des plantes insecticides et aphrodisiaques (dont l'accès est toujours très contrôlé).

Anecdote. De 1960 à 1975, en marge de ses activités, la division est réputée pour son ambiance accueillante... et sa gastronomie (le *Michelin* s'y intéresse !). Bien des confrères se souviennent des pauses-café prolongées par des tournois de bridge (sous la houlette du grand maître JGP). Pour les grandes occasions, des « séances de dégustation » pour recherche de goût de champignons et de pesticides (notamment les aubergines de Martinique) attirent comme des mouches les confrères de l'outre-mer de passage à Nogent-sur-Marne... Mais le secret reste bien gardé.

### La lutte contre le striga

*Striga* est un genre de phanérogame parasite comprenant plusieurs espèces qui parasitent surtout les poacées, mil (*Pennisetum*), sorgho, maïs, riz, mais attaquent aussi les légumineuses, niébé (*Vigna*), arachide. Pris en compte par les agronomes et les malherbologistes dès les années 1960, sa répartition et son importance très variables conduiront à un grand nombre d'études et d'observations ponctuelles, synthétisées dans une note parue en 1971<sup>1</sup>, qui met en garde contre son développement prévisible et propose un certain nombre de techniques de lutte.

A partir de 1980, face à ce développement devenu une réalité dramatique pour trois raisons, davantage d'espèces utiles parasitées, extension géographique plus grande, plus de dégâts graves, les recherches s'intensifient<sup>2</sup>, l'IRAT y participant à travers des programmes nationaux (Burkina Faso, Mali, Sénégal, Tchad, Togo) et internationaux en réseau (SAFGRAD, CEE, FAO).

1. IRAT, 1971. Méthodes de lutte contre les *Striga*. *Cahiers d'agriculture des pays chauds*, 3 : 145-150.

2. FARES S., 1988. *Première approche de l'étude de la variabilité intra- et interspécifique du Striga par la méthode d'électrophorèse enzymatique*. Mémoire de DESS, USTL, Montpellier, 100 p.

SALLE G., RAYNAL-ROQUES A., HOFFMANN G., 1990. *Plantes parasites des cultures vivrières. Diagnostic de terrain*. Montpellier, CIRAD-IRAT, 10 p.



*Streak du maïs (MSV).*  
(© M. Chatenet)

*Vol de sauterelles.* (© M. Tardieu)



*Mosaïque de la canne à sucre (SCMV).*  
(© M. Chatenet)

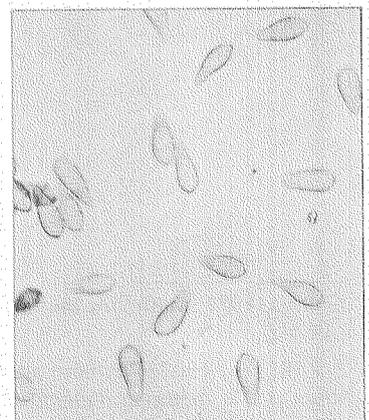
88



*Pyricularia oryzae.*  
(© J.L. Notteghem)



*Striga, vers Tiébélé, Burkina Faso.* (© R. Nicou)



*Spores de Pyricularia oryzae.*  
(© J.L. Notteghem)

# La mécanisation

Ce document ne relate qu'un court épisode de la mécanisation tropicale, dont l'histoire débute avant le XX<sup>e</sup> siècle. Dès l'origine, on introduit des machines pour compléter ou pour remplacer le travail manuel du planteur, de l'artisan, du commerçant... Durant les guerres mondiales, il faut produire, notamment pour les pays colonisateurs. De nouvelles terres doivent être mises en valeur et la mécanisation s'impose. Les problèmes sont posés au sein des métropoles européennes en termes de besoins globaux ; il n'est guère question d'économie locale, encore moins de social. Après l'indépendance, il faut gérer l'héritage et faire décoller l'agriculture, enjeu essentiel pour le développement des anciennes colonies. Les agronomes mettent au point des techniques toujours plus ambitieuses nécessitant l'augmentation de la productivité, à la fois du travail et des facteurs de production (la terre, par exemple). Pour y parvenir, des machines sont encore nécessaires... mais, désormais, il faut les raisonner dans le cadre d'une économie nationale qui intègre principalement des petits producteurs.

Les instituts — plus tard regroupés dans le GERDAT puis le CIRAD — prennent en compte la mécanisation, chacun dans ses domaines d'action. Deux d'entre eux, le CEEMAT et l'IRAT, créés lorsque l'Afrique de l'Ouest accède à l'indépendance, s'engagent plus avant et posent la mécanisation comme facteur incontournable de la production et du développement. Etudes et recherches se succèdent. Mais le monde change, la recherche évolue dans les nouvelles structures nationales et, trente années plus tard (terme de cette contribution), les mutations d'ordre économique, géopolitique, social... provoquent la réorientation ou la suppression de ces établissements. En 1960, les deux organismes présentent des sensibilités et des approches très différentes.

Le CEEMAT est un centre d'études et d'expérimentation spécialisé en machinisme agricole. Son objectif est l'innovation, qu'il traite sur le plan tech-

nique et économique en fonction du problème posé, et évalue ensuite en conditions réelles d'utilisation. Il s'agit plutôt d'un diffuseur de technologies (Bernard Chèze) qui transfère rapidement la fabrication des matériels à l'industriel. Il s'efforce d'organiser la profession dans les pays en développement, au travers de structures garantissant la qualité et l'adaptation de l'équipement. Enfin, il assure la formation, de l'ingénieur au paysan, autant que faire se peut<sup>1</sup>.

L'IRAT est un institut de recherches agronomiques dont les orientations sont largement développées dans les présents volumes. Au terme de réflexions qui vont porter sur une dizaine d'années, il est admis qu'il y a interactivité entre la mécanisation, d'une part, et les autres facteurs de production, les caractéristiques de l'exploitation, les motivations et choix du producteur, d'autre part. L'originalité du centre de Bambey, en la matière, est d'avoir très vite perçu la nécessité d'intégrer les recherches en machinisme dans l'approche systémique. En termes de politique de développement, l'engagement est important car le centre pose clairement qu'il ne peut y avoir d'agriculture moderne et productive sans mécanisation.

Il n'y a pas opposition entre ces institutions, mais coexistence de deux mondes étrangement complémentaires... Les recherches de l'IRAT en machinisme reposent sur des services organisés et dotés de moyens au Sénégal, sur une cellule restreinte à Madagascar, sur des chercheurs isolés dans les organismes nationaux (Côte d'Ivoire, Haute-Volta, Cameroun, Brésil...).

Il n'y a pas de programmation d'ensemble au sein de l'IRAT. Les études sont donc présentées ici dans leur diversité, en respectant les priorités des différentes agences : étude de la mécanisation et station d'essais au Sénégal, accompagnement d'une politique nationale volontariste pour l'équipement de la Côte d'Ivoire, culture attelée en Haute-Volta, riziculture à Madagascar, travaux méthodologiques et approches économiques selon les profils des chercheurs. Déjà engagé sous la bannière de l'IRAT, le volet socio-économique débouchera plus tard sur des synthèses majeures réalisées par de nouveaux départements du CIRAD (cultures annuelles, systèmes agraires, systèmes agroalimentaires et ruraux...).

Enfin, il convient d'apporter quelques précisions sur les différents termes qui reviennent tout au long de ce chapitre sur la mécanisation : machinisme, mécanisation, traction animale, motorisation... Le machinisme recouvre l'ensemble des disciplines, y compris économiques, intervenant dans la création, les essais, la mise en œuvre des machines dans l'unité de production. La mécanisation recouvre une réalité plus complexe ; c'est un ensemble de moyens techniques (notamment mécaniques) créés, testés, implantés dans un environnement physique et socio-économique donné, en cohérence avec une conception plus générale du développement. Elle peut reposer sur l'utilisation d'outils manuels et de matériels mobilisant la traction animale (on parle de culture attelée) ; elle est parfois liée à l'introduction du moteur, du tracteur... (on parle alors de motorisation ou de mécanisation motorisée).

---

1. BICHAT H., CHÈZE B., GAURY C., HERBLOT G., LE MOIGNE M., 1996. *Le Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole tropical*. Paris, CIRAD, 123 p. (coll. Autrefois l'Agronomie).

## L'état des lieux en Afrique francophone

### Avant 1960

La culture attelée émerge au Soudan, dans la boucle du Niger, dès 1905, à Madagascar en 1904<sup>1</sup>, en Haute Guinée en 1920<sup>2</sup>... Avant la Seconde Guerre mondiale, elle concerne surtout le riz, bien peu les autres cultures traditionnelles vivrières. Des machines manuelles permettent des travaux postcultureux : concasseurs à noix de palme, presses à huile, décortiqueurs à arachide et à café... Les exploitations européennes motorisent quelques cultures d'exportation. Les introductions restent limitées : 250 tracteurs pour toutes les colonies africaines en 1939 ; le moteur apparaît aussi dans la transformation des produits.

Dès 1945, le développement de la motorisation dans les anciens pays belligérants détermine l'introduction de celle-ci dans les plans d'aide économique. Les Etats-Unis pèsent lourdement dans les orientations s'inspirant de techniques qu'ils appliquent en agriculture, y compris tropicale. Et le plan Marshall pour la France n'est pas étranger aux options qui sont prises pour les pays d'outre-mer.

#### LES TECHNIQUES ET LES ORIENTATIONS

Une fois l'indépendance acquise, l'Afrique francophone reste fortement impliquée dans une politique de coopération avec l'ancien colonisateur, et soumise aux recommandations des sources de financement (Fonds d'aide et de coopération, Banque mondiale...). L'IRAT n'a pas totalement les coudées franches, bien qu'il campe dans le domaine objectif de la recherche. S'il dispose des acquis techniques des précédents organismes — aspect positif —, il doit aussi tenir compte des orientations déjà prises.

C'est le cas en matière d'investissements. De nombreuses opérations lancées en situation néo-coloniale et mettant en œuvre des moyens motorisés puissants échouent progressivement. Les techniques sont inadaptées, la réflexion socio-économique est insuffisante, voire absente. La recherche n'adhère pas nécessairement aux modèles de mécanisation mis en place... mais ils existent ; elle doit donc les conseiller au mieux, tout en cherchant des solutions de rechange appropriées.

Quant aux orientations des décideurs politiques, elles sont mitigées. En 1961, on admet que la culture attelée doit être privilégiée en paysannat, mais que la motorisation (tracteurs, essentiellement) reste nécessaire, quitte à la faire gérer par l'administration (opérations de production ou de développement lancées et pilotées par l'Etat, centrales de mécanique, parcs motorisés régionaux, etc.). Les résultats, bons et mauvais, sont justifiés par les étapes nécessaires [...], le prix à payer [...], pour accéder au développement.

En culture attelée, depuis les travaux de Max Ringelmann, on sait évaluer l'énergie fournie par les animaux. On extrapole pourtant hâtivement, lors des

1. RINGELMANN M., 1930. *Génie rural appliqué aux Colonies*. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 727 p.

2. SIGAUT F., 1989. L'innovation mécanique en agriculture. Essai d'une analyse historique comparative. *Les Cahiers de la recherche-développement*, 21 : 1-9.

transferts de technologie vers les pays tropicaux, en introduisant des matériels connus en France ou en Algérie. Ce sont des machines souvent lourdes (houes et canadiens Puzenat utilisés pour la vigne et les betteraves, charrues et brabants Bajac à versoirs très longs...), trop exigeantes en force de traction. Les semoirs sont mieux choisis, plusieurs constructeurs existent (Fabre, Beauvais-Robin).

Le transport tarde à se développer, sauf au Sénégal où le cheval est pourtant utilisé depuis 1905 pour le transport des personnes<sup>1</sup>. Les tombereaux utilisés en Europe ne sont pas adaptés. Il faut attendre 1950 pour voir la traction équine prendre de l'importance, avec la diffusion de charrettes de 500 kg de charge utile équipées de pneumatiques.

En motorisation, on distingue plusieurs cas. Pour les défrichements et l'ouverture des terres, la motorisation repose généralement sur l'utilisation de tracteurs à chenilles de grande puissance (150-200 ch ou plus) équipés de lames bulldozer, plus tard de flèches d'abattage (Fleco...), de râteaux fortement dimensionnés pour andainer des arbres, et de dents de sous-solage (Kilfer...) pour les premières ouvertures des terres. Ces équipements sont accompagnés par des engins de génie rural et de génie civil capables de planer, de construire des canaux, des digues et des pistes. Les études de matériels sont conduites par les constructeurs, la mise en œuvre est assurée par l'administration et par des organismes privés.

92

Les travaux du sol suivent les défrichements. On utilise les mêmes engins, parce qu'ils existent, ou pour les rentabiliser. Progressivement, des tracteurs à chenilles moins puissants (50 à 100 ch) sont introduits pour niveler les parcelles (*float*), labourer avec des charrues à 5-6 disques ou des déchaumeuses un rang (*wide level*) et pulvériser (pulvérisateur puis offset). Mais, déjà, on prend conscience que cette mécanisation amplifie la dégradation des sols<sup>2</sup> déjà soumis à l'érosion éolienne et pluviale.

Les matériels introduits sont presque toujours d'origine américaine : tracteurs International, Allis Chalmers, Caterpillar, machines d'accompagnement Massey Harris, John Deere, Mack Cormick... Une motorisation de plus faible puissance existe également : tracteurs à roues pneumatiques de 30 à 60 ch (Renault, Fordson, IH, Ferguson...) et outils traînés. Elle permet les travaux du sol et les traitements phytosanitaires dans les plantations.

Ainsi l'IRAT ne s'implante-t-il pas dans un monde vide de mécanisation. Au contraire, les expériences, bonnes et mauvaises, sont très nombreuses et l'équipement diffusé est, pour l'époque, assez considérable. Les services de l'agriculture annoncent 20 000 à 25 000 semoirs (Sénégal), 7 000 brabants et 30 000 araires (Madagascar) mis en place avant 1959 ! Mais ces machines ne sont ni toutes utilisées, ni complètement valorisées ; par exemple, les semoirs ne sèment que l'arachide et pas les céréales.

1. FAYE A., 1989. Le rôle du cheval dans le développement rural en zone sahélo-soudanienne du Sénégal. L'exemple du sud du bassin arachidier. *Les Cahiers de la recherche-développement*, 21 : 19-29.

2. ROOSE E., 1984. Impact des défrichements sur la dégradation des sols tropicaux. *Machinisme agricole tropical*, 87 : 24-36.

## Le Sénégal

### Le dispositif de recherche en machinisme

BAMBEY

« Il est difficile de ne pas évoquer Bambey. Là se trouve le plus gros centre de recherche d'Afrique de l'Ouest francophone, issu des instituts français de recherche agronomique. Après l'indépendance du Sénégal, ce centre est devenu le CNRA de Bambey, et une unité de recherche en machinisme agricole et génie rural y a été créée. » (Georges Labrousse).

Le parcours, pour en arriver là, a été long, parfois original. Ainsi, on note que des charrues sont envoyées au centre pénitentiaire (!) de Bambey dès 1913. En 1930, l'étude de matériels adaptés aux productions locales est entreprise. Les semoirs monograinne et monorang à traction animale y sont mis au point pour l'arachide.

En 1949, l'unité de recherche est programmée par René Tourte pour expérimenter les équipements agricoles, informer les constructeurs des exigences locales, participer à la mise au point des machines. Elle a compétence pour l'ensemble du Sénégal, plus largement pour le Soudan. En 1961, elle devient section du machinisme agricole (SR/Ma), puis division du machinisme agricole et génie rural (SR/MGR) en 1962, au sein du dispositif de recherche de Bambey. La décision est historique. Dans la mouvance française de l'époque, les centres chargés du machinisme et de la mécanisation relèvent généralement du génie rural. A Bambey, le service est intégré à la recherche agronomique (agriculture). Les conceptions de ces administrations sont différentes, en matière de production et de développement rural, ce qui n'est pas sans conséquence pour les futurs programmes et financements de la recherche.

A Bambey, la philosophie du travail repose désormais sur une approche intégrée des problèmes techniques, qu'ils soient mécaniques ou non (agromachinisme), et sur la prise en compte de l'environnement économique de l'exploitation. En termes stratégiques, le chercheur doit s'adresser à l'ensemble du système de production ou de mise en valeur, d'une zone ou d'une région, et ceci au niveau de l'exploitation et de la communauté rurale<sup>1</sup>. Cette approche IRAT de la mécanisation est reconnue par le CEEMAT, puis par le GERDAT, plus tard par le CIRAD.

Le dispositif de recherche repose également sur le service de l'exploitation (SR/Ex). Celui-ci réalise les travaux agricoles de Bambey, suit les performances du parc sur grandes parcelles, gère les stations agricoles de Nirodu-Rip (Sine-Saloum) et de Sinthiou Malème (Sénégal oriental), dotées d'unités de culture attelée ; enfin, il conduit des études spécifiques, notamment avec des paysans pilotes. Un réseau de correspondants-paysans est animé par la Section d'application de la recherche à la vulgarisation (SARV),

---

1. TOURTE R., 1977. Mécanisation et progrès agronomique. Nécessité d'une approche pluridisciplinaire concertée des problèmes de développement Séminaire mécanisation. SIMA 1977 Paris. *Machinisme agricole tropical*, 59 : 49-59.

plus tard par la division d'économie ; outre sa finalité propre, il s'agit d'un premier niveau de diffusion des innovations mécaniques.

Enfin, les Unités expérimentales<sup>1</sup> du Sine-Saloum et du Sénégal oriental intègrent les résultats de la recherche en machinisme dans les thèmes de modernisation proposés aux paysans.

#### CASAMANCE ET RÉGION DU FLEUVE

Les stations de Séfa et de Richard-Toll sont connues dès 1940 par les expériences de mise en valeur qui y sont conduites ; elles sont intégrées progressivement au dispositif de recherche de l'IRAT Sénégal, à partir des années 1960.

Séfa est la station du Sud-Sénégal (Casamance), orientée initialement vers la culture de l'arachide. On y conduit aussi des études agropédologiques d'impact de la machine sur l'évolution des sols (parmi les chercheurs, Roger Fauck, 1956, bureau des sols, ORSTOM). Liée initialement à la CGOT, la station voit diminuer ses relations de coopération avec la nouvelle société régionale de développement (SODAICA). Certes, celle-ci gère un paysanat pilote, mais sa production d'arachide repose davantage sur l'utilisation de la motorisation lourde que sur la culture attelée. Adaptation mécanique réelle ? Rentabilité ? Le cimetière impressionnant de machines agricoles qui subsiste après l'expérience fait douter de leur réelle prise en compte.

La station locale de Djibélor se consacre à la culture du riz aquatique en Basse Casamance. L'introduction d'outils spécifiques, manuels et pour traction animale, y est tentée par le CRA après 1960 (rouleau piétineur, herse espagnole, rouleau marqueur pour le repiquage du riz...), ainsi que celle de la petite motorisation (motoculteurs d'origine française puis japonaise). Un réseau multilocal (SARV et service de l'économie) se met en place et va mécaniser les essais de techniques culturales à Inor Mandingue, Maniora, Guérina, Mampelago, etc.

Richard-Toll existe depuis la colonisation du Sénégal. Véritable pôle de mise en valeur de la vallée du fleuve, on y développe des expériences importantes de mécanisation tropicale. Mais, sur le plan social, le succès n'est pas toujours au rendez-vous. En tant que dispositif de recherche, Richard-Toll est d'abord une station qui va être confiée à l'IRAT, équipée pour étudier le riz, puis le sorgho, le maïs et la canne à sucre, en casiers irrigués. Il s'agit aussi d'une option résolue pour la motorisation intégrale<sup>2</sup>, laquelle couvre l'ensemble des techniques culturales. Des expériences en milieu paysan sont conduites dans plusieurs sites : colonats de Richard-Toll et de Guédé (Pierre Courtessole), canal D, Fanaye, Savoigne... C'est enfin un environnement assez colossal représenté par le dispositif de production de la SDRS, (motorisé depuis les opérations de mise en culture jusqu'à la transformation du riz, en passant par les traitements aériens<sup>3</sup>), par l'implantation de la SAED dans le

1. TOURTE R., 1997 *Le Département systèmes agraires du CIRAD. Des origines à 1986.* Montpellier, CIRAD, 147 p. (coll. Autrefois l'Agronomie).

2. COUEY M., LAFFRAY M., 1963. La riziculture mécanisée à Richard-Toll. *Machinisme agricole tropical*, 6 : 46-52.

3. CHATEAU R., 1959. Situation de la culture mécanique à Richard-Toll au 1<sup>er</sup> janvier 1959. *Bulletin de liaison du Comité du machinisme agricole d'outre-mer*, 17 : 22-24 ; 21 : 4-1.

delta puis dans la vallée du Sénégal, enfin par les expériences qui vont être menées par différents organismes de coopération européens : français, allemands, italiens, etc., ou internationaux comme la FAO.

Le développement de la motorisation accompagne celui des aménagements hydroagricoles et la construction de barrages sur le fleuve Sénégal. La double culture annuelle de riz est rendue possible par la disponibilité en eau, ce qui change radicalement les données de la production.

En collaboration avec l'équipe régionale, la division de Bambey s'implique très fortement dans le delta, lorsque la SAED fait appel à l'IRAT (1966) pour conduire les expérimentations de matériels fournis par le gouvernement français. Le réseau d'essais s'étend dès lors aux bassins de Ross Bethio, Boundoum Ouest et Kassak Nord, puis de Nyanga, etc.

### LES CHERCHEURS

Il s'agit d'agronomes spécialisés en machinisme et sciences économiques connexes, et d'agronomes généralistes. Par ailleurs, des agro-économistes et des socio-économistes jouent un rôle essentiel en associant la mécanisation à leurs programmes de recherche.

Les chercheurs issus des corps de l'agriculture et de l'ORSTOM (René Tourte, Philippe Gaudefroy-Demombynes...) sont en place à Bambey en 1961. R. Tourte prend la direction scientifique du centre et de nouveaux chercheurs sont recrutés sous contrat IRAT, l'année suivante.

Pour le machinisme et la mécanisation (SR/MGR), arrivent successivement Marc Le Moigne en 1962, Jean Le Craz en 1970, Alain Ducreux en 1973, Roland Pirot en 1975, Michel Havard en 1980, dernier expatrié. Des missions et des stages renforcent les projets d'études : A. Gavaland, P. Talibart, E. Tchakerian. Une mention particulière pour celui qui reste durant vingt ans l'homme de l'atelier, François Plessard, pour Khoussaye Diagne, adjoint sénégalais de la première heure, et pour Modou H. M'Bengue qui assure la relève des expatriés. A la tête de l'exploitation (SR/EX), Alain Bonlieu succède à Robert Marchand, puis est remplacé par Jacques Monnier à partir de 1963.

Dans les stations régionales se succèdent : Hubert Thirouin, Serge Traverse (culture attelée), Roland Pirot (1973) à Séfa, Pierre Courtessole, Michel Nieul, A.A. Wanders à Richard-Toll.

Des chercheurs en charge d'autres disciplines, intègrent la mécanisation dans leurs travaux : Robert Nicou à Bambey, Lucien Séguy en Casamance puis au Brésil (agronomes). Il en va de même pour Gérard Haddad (riziculture) à Djibélor, Pierre Nourrissat et Robert Hamon (zootechniciens), François Carréras (bureau d'études) ; enfin, Guy Pochtier (SARV), Claude Ramond, Jean-François Richard, Yves Bigot (agro-économistes), Michel Benoit-Cattin (économiste), l'associent très fréquemment aux évaluations conduites en R&D.

Il convient de noter ici que la division du machinisme travaille en contact étroit avec les structures de recherche, de diffusion et d'enseignement du Sénégal, avec le CEEMAT et le CNEEMA d'Antony, l'INA-PG, l'ENSA.M, d'autres instituts comme l'IRHO et l'IRCT, le NIAE, les universités de Wageningen et de Gembloux, des organismes internationaux (FAO, IRRI,

Centres de mécanisation agricole...), des organismes de développement (CFDT, SATEC...), etc.

### Les axes de la programmation

Les priorités et le contenu des projets sont décidés par le CRA et les autorités sénégalaises (ministères du Développement rural, de la Recherche...), en fonction aussi de problèmes posés par la vulgarisation : SATEC/SODEVA, SAED, SODEFITEX... Toutes les productions agricoles sont évidemment prises en compte. Les axes de la programmation découlent de travaux antérieurs<sup>1</sup> et se résument, en 1962, comme suit.

#### RECHERCHE ET EXPÉRIMENTATION

Sont programmés des essais de matériels agricoles, à l'initiative du centre ou des constructeurs, la réalisation de prototypes, la comparaison de méthodes et de matériels de stockage.

#### ÉTUDE DE LA MÉCANISATION

Plusieurs axes de travail sont fixés :

- problèmes posés par l'intervention de la machine dans l'exploitation agricole africaine (aspects économiques et humains) ;
- appropriation de la machine, équipement individuel, coopératif..., structures d'exploitation ;
- évaluation des prix de revient des cultures mécanisées ;
- enquêtes sur les besoins du Sénégal et participation à l'élaboration de programmes d'équipement.

#### TRACTION ANIMALE

Les agriculteurs utilisent le cheval et l'âne pour quelques travaux culturaux et pour le transport. Mais les effectifs équinés et asins sont limités<sup>2</sup>. On craint que les besoins en animaux de traction au Sénégal soient insuffisamment couverts, et ce depuis 1945. Enfin, dans une perspective d'intensification de l'agriculture, des techniques culturales sont mises au point par le CRA, plus élaborées, exigeant une force de traction très souvent supérieure à celle des chevaux et des ânes.

La traction bovine apparaît donc comme l'alternative nécessaire et possible. D'autant plus que la division de zootechnie de Bambey met au point le croisement zébu-N'Dama (taurin) et obtient des conformations remarquables<sup>3</sup>. Les métis utilisés sur l'exploitation du centre et par SR/MGR fournissent 150 % des efforts déployés par les zébus du centre, pourtant bien nourris et plus puissants que les animaux traditionnels<sup>4</sup>.

1. GAUDEFROY-DEMOMBYNES P., 1955. Nouvelles de la motoculture et de la mécanisation agricole au Sénégal. *Annales du CRA de Bambey*, p. 122-126.

TOURTE R., 1961. L'équipement mécanique de l'agriculture traditionnelle africaine, facteur fondamental d'évolution. In : *Congrès international technique du machinisme agricole (CITMA)*, Paris, 2-7 mars 1961. Bambey, CNRA, 99 p.

2. LE MOIGNE M., BONLIEU A., 1963. *Le Sénégal face à la mécanisation agricole. Note sur les conditions actuelles de l'agriculture sénégalaise*. Bambey, CNRA, Nogent, IRAT, 26 p.

3. HAMON R., 1969. Création, amélioration et performances d'une race de bovins de trait au CNRA de Bambey. *Machinisme agricole tropical*, 29 : 24-25.

4. SCHERRER J., 1966. *Etude de la puissance des attelages disponibles en Afrique de l'Ouest et à Madagascar (1963-1966)*. Ministère de la Coopération.

### MOTORISATION

Les expériences, antérieures ou en cours, permettent d'identifier les problèmes posés en matière d'environnement, de degré d'appropriation, de capacité de financement, de formation, de maintenance, etc.<sup>1</sup> Elles démontrent que l'introduction de la motorisation, individuelle ou collective, est prématurée en milieu paysan.

L'IRAT, à Bambey, ne lui réserve donc pas une publicité comparable à celle accordée à la traction animale ; elle n'est pas prioritaire dans les projets d'équipement du paysannat. Enfin, elle n'est pas, ou rarement, concernée par les financements du Programme agricole. Elle est très présente, en revanche, dans la programmation des recherches. Les deux systèmes de production mécanisés coexistent au CRA et dans les stations. Les études sur le fleuve Sénégal s'intensifient à partir de 1967-1968, lorsque la SAED pose à l'IRAT les problèmes à la fois agronomiques, énergétiques et économiques rencontrés par sa régie des travaux. Peut-on remplacer les engins à chenilles par des tracteurs conventionnels à roues demandant moins de crédits d'investissement et de fonctionnement ? Peut-on adopter des techniques culturales plus élaborées que les habituels passages de pulvérisateurs à disques fragilisant les sols<sup>2</sup> ?

### CONDITIONNEMENT ET TRANSFORMATION DES PRODUITS

Plusieurs thèmes sont programmés :

- plannings liés à la récolte, les travaux de manutention, de séchage au champ, de battage ou d'égrenage venant concurrencer les façons culturales de fin de campagne, qu'il s'agisse de machines ou de main-d'œuvre ;
- pertes trop importantes (25 %) enregistrées durant le stockage<sup>3</sup> ;
- battage, égrenage, décorticage, mouture... autant de transformations qui ouvrent sur le domaine de l'agroalimentaire, ce qui permet de promouvoir une politique de valorisation des produits et de diversification des marchés, et sur l'organisation sociale et familiale du travail, bon nombre de ces opérations, longues et pénibles, étant confiées aux femmes.

### MACHINISME ET ÉCONOMIE

Dans la pratique, les évaluations de temps de travaux et de coûts accompagnent presque toujours l'utilisation des machines. L'IRAT doit suivre, puis dépasser, cette approche en associant l'équipement à la dimension de l'exploitation, au facteur travail, à l'assolement, au calendrier culturel, etc. Le machinisme devient, dès lors, incontournable en modélisation et, plus généralement, dans les études pluridisciplinaires, notamment dans la préparation des projets de développement.

---

1. LABROUSSE G., 1968. La recherche (au sens large) en matière de mécanisation agricole tropicale (pays francophones). *Machinisme agricole tropical*, 22 : 3-11.

2. LE MOIGNE M., 1968. *Note sur les essais de labour réalisés dans le Delta du Fleuve. Coûts prévisionnels d'utilisation du matériel*. Bambey, IRAT/CNRA, 16 p.

3. BONLIEU A., 1962. Traitements après-récolte des produits vivriers (mil, sorgho, niébé, dolique). In : *Conférence des Nations unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des pays peu développés*. Bambey, CNRA.

## Le marketing de la recherche

Le centre de Bambey est profondément engagé dans le développement, et entend y assumer ses responsabilités. Cette volonté repose sur une vision ambitieuse de l'évolution de l'agriculture et le conduit à lutter pour diffuser ses idées, voire à déclencher l'événement. Comices et foires divers marquent le calendrier agricole du Sénégal (Diourbel, Dahra, etc.) bien avant l'indépendance ; des matériels agricoles sont exposés, à l'initiative des commerçants locaux. Des concours ont lieu en 1929, puis en 1931, 1932, 1933... Le premier a déjà fait connaître les semoirs Fabre, Cathala, Beauvais-Robin... et tous permettent d'enregistrer de nouveaux progrès techniques, justifiant la répétition de ces manifestations (Robert Sagot). Le CRA souhaite une présentation dynamique des équipements agricoles en conditions réelles d'utilisation, sur le terrain, afin d'y observer le travail des machines. Idée originale mais aussi gageure ; car il faut vaincre la réticence des industriels, effrayés par les distances et par les coûts, mobiliser les instances publiques, demander au centre un effort logistique presque démesuré. Pugnaces, les responsables du CRA parviennent à leurs fins.

### LES PREMIERES JOURNÉES DU MACHINISME AGRICOLE

Soutenues par le haut commissariat en A-OF, elles concernent l'ensemble du Soudan pour lequel le CRA a mandat de recherche. Seize importateurs locaux assurent la présentation de 73 types d'équipements, d'un nombre égal de constructeurs (français à 90 %). Certains font le déplacement. C'est aussi un succès par la fréquentation des ruraux sénégalais. Durant trois jours, les chantiers de démonstration des machines se succèdent sur les terres de Bambey cultivées en conséquence, et des conférences réunissent la recherche, la vulgarisation, les constructeurs et les utilisateurs, etc<sup>1</sup>. Les premières initiatives des industriels en vue d'une implantation locale sont prises à cette occasion. Bien que les conclusions des Journées recommandent la répétition d'une telle manifestation tous les deux ans, le temps passe, ponctué par des réunions du Comité interafricain du machinisme agricole<sup>2</sup>, par le Congrès international technique du machinisme (Paris, 1961), par les foires de Bouaké et de Tamatave (1963).

### LES DEUXIÈMES JOURNÉES DU MACHINISME AGRICOLE DE BAMBEY

En 1963, le CRA annonce la réalisation des Deuxièmes Journées en ces termes : « Nous pouvons constater que si les trois parties directement intéressées au développement de la mécanisation agricole tropicale : pouvoirs publics, profession du machinisme, utilisateurs, se sont rencontrées [...], on n'avait pas pu les revoir sur le terrain depuis 1958 [...] il a fallu que le Sénégal relève le gant une nouvelle fois pour qu'une réédition très opportune ait pu voir le jour. »<sup>3</sup>

1. LABROUSSE G., 1958. Les Journées du Machinisme agricole de l'A.O.F., Sénégal, septembre 1958. *Bulletin de liaison du Comité du machinisme agricole d'outre-mer*, 10 : 8-10 ; 14 : 1-19.

2. GAURY C., 1963. Le Comité interafricain du machinisme agricole. Réunion de Lagos, Nigeria, 7-10 novembre 1962. *Machinisme agricole tropical*, 1 : 8-15.

3. LABROUSSE G., 1963. Les deuxièmes Journées du machinisme agricole de Bambey, 28-30 septembre 1963. *Machinisme agricole tropical*, 4 : 5-23.

Cinquante-trois constructeurs, mobilisés par la FIMTM (Fédération française des industries mécaniques et transformatrices des métaux), viennent d'Europe pour accompagner les démonstrations ; 15 représentations dakaroises assurent les relais, 242 équipements de base sont à pied d'œuvre avec les adaptations possibles. Le ministre du Développement rural, Karim Gaye, apporte son appui lors des Deuxièmes Journées du machinisme agricole : « le Sénégal de 1958, petit importateur de matériel agricole pour une valeur de 70 millions de francs CFA, a fait place au Sénégal de 1963, importateur et fabricant, pour près d'un milliard de francs CFA, de machines destinées à l'équipement de son agriculture ».

La prise en compte de la mécanisation dans le premier Plan quadriennal de développement agricole est annoncée par le président Senghor. Le projet de Comité du machinisme agricole sénégalais est débattu durant ces mêmes conférences, appuyé par le ministre Karim Gaye. Les visiteurs officiels sont nombreux : outre la présence du chef de l'Etat et de membres du gouvernement, on enregistre celle des représentations diplomatiques de treize pays distribuant l'assistance technique, de quinze pays en cours de développement, de l'ONU, de la FAO, etc.

### REVENDEICATIONS POUR UNE STATION NATIONALE D'ESSAIS

L'objectif est de créer au Sénégal un organisme capable de contrôler la qualité des équipements importés ou produits localement, de conseiller et de protéger ainsi les agriculteurs. La généralisation de procédures d'essais normalisés doit permettre d'endiguer l'introduction et la diffusion sauvages d'équipements inadaptés et de renforcer l'information.

Depuis les journées de 1958, l'idée fait son chemin à Dakar, défendue également par le Comité du machinisme agricole outre-mer (CMAOM, Paris). La création de cette structure compétente doit accompagner celle du Comité de la mécanisation annoncé par le ministre à la fin des deuxièmes Journées, l'ensemble ayant un statut national. Durant plusieurs années, Bambey multiplie les initiatives pour assumer ces responsabilités<sup>1</sup>.

Plusieurs pays africains mettent en place de tels dispositifs, avec l'appui des coopérations française, allemande... Paradoxalement, le Sénégal, qui a innové sur le plan de la réflexion, ne va pas au bout de l'organisation institutionnelle. Certes, la division du CNRA joue très officiellement le rôle de centre national d'essais jusqu'à la réforme de l'ISRA... mais le comité ne voit pas le jour.

### COOPÉRATION AVEC LES INDUSTRIELS

Les industriels jouent un rôle essentiel au Sénégal en participant aux diverses manifestations, par le prêt fréquent de matériels nouveaux au Centre et aux

---

1. LE MOIGNE M., 1968. *Propositions pour un renforcement des recherches et études en matière de machinisme agricole au Sénégal. Avant-projet pour la station nationale d'essais de machines et de matériels agricoles*. Bambey, CNRA, Nogent, IRAT, 19 p.

TOURTE R., LE MOIGNE M., 1970. L'équipement rural au Sénégal. Rôle de la recherche agronomique et de sa division du machinisme agricole et génie rural. *Machinisme agricole tropical*, 31 : 3-17

stations, en jouant le jeu des essais officiels pour obtenir la validation des machines, enfin en réalisant les adaptations et les prototypes du CNRA.

Ils prennent conscience aussi que la machine va évoluer dans un environnement tropical bien différent de ce qu'ils peuvent connaître, avec ses problèmes techniques spécifiques, ses aspects humains (confrontation du milieu traditionnel et de technologies nouvelles), les contraintes économiques tenant aux ressources et au marché. C'est donc un ensemble de réflexions qui les rapproche des chercheurs et qu'ils intègrent dans le concept de tropiculture (Jean Nolle)<sup>1</sup>.

Le brassage des idées se traduit sur le plan commercial et industriel par la création (Robert Marchand) de Tropiculture, premier groupement de constructeurs français orienté vers la fourniture de matériels adaptés aux conditions tropicales. Ce groupe réunit des firmes françaises expérimentées, en particulier pour les équipements à traction animale, dont les leaders vont fortement s'impliquer : Arara (Gilbert Bariani), Mouzon (Guy Mouzon), Huard-UCF (Paul Huard), Fonderies et ateliers de l'Ouest, Garnier, Staub ; sans oublier R. Marchand, secrétaire général, et J. Nolle, inventeur, déjà cités. En 1960, un atelier de fabrication d'équipements est lancé par le groupe à Kaolack, puis une usine à Pout (proche de Dakar). La SISCOMA est née, devenant la première entreprise sénégalaise et ouest-africaine du genre, sous la direction de Michel Rodier puis de Claude Boulanger ; elle adhère évidemment à Tropiculture<sup>2</sup>.

Une autre association, commerciale essentiellement, regroupe bientôt d'autres constructeurs : Ebra, Barbelion, Beaudoin, Bourgoïn.

Les concessionnaires importateurs sont les partenaires de la recherche, surtout en motorisation, notamment Hamelle Afrique (M. Samartano) pour Massey Ferguson ou Lilliston, Manutention africaine pour Renault, Davum pour les très gros matériels Caterpillar ou John Deere, Petersen pour le traitement des produits, etc.

La recherche pose les problèmes, essaie les matériels, recommande des modifications ou propose des prototypes. Les constructeurs inventent, modifient, produisent en France ou confient la fabrication à l'usine locale.

Après 1970, la SISCOMA (future SISMAR) développe son bureau d'études, sa propre production, sa politique commerciale. Les relations avec la recherche restent inchangées. Les importateurs prêtent des engins et facilitent les contacts avec les bureaux d'études étrangers.

Il est certain que Bambey n'aurait pas pu aborder autant de dossiers en machinisme agricole sans l'appui de ces bureaux d'études industriels. Il convient de noter que l'IRAT dépose peu de brevets, à tort ou à raison. Son action est désintéressée, ce qui facilite les relations !

---

1. NOLLE J., 1958. Tropiculture. *Bulletin de liaison du Comité du machinisme agricole d'outre-mer*, 13 : 3-16.

2. BOULANGER C., 1972. La fabrication de matériels de culture attelée en pays tropical. *Machinisme agricole tropical*, 39 : 43-49.

Une telle politique de coopération entre recherche et industrie est exceptionnelle et marque une époque. A partir des années 1980, si la répartition des tâches ne change pas, l'enthousiasme industriel fléchit ! Le temps des études de marchés et de la rentabilité des opérations est venu. La coopération est une chose, les financements en sont une autre !

### De l'introduction des machines aux essais techniques systématiques

#### RÉALISATIONS

Historiquement, les matériels agricoles sont inventés et exploités dans les pays développés, mais rarement pour les plantes tropicales (arachide et canne à sucre exceptées). Les pays en développement doivent pourtant répondre à leurs besoins d'aménagement (infrastructures, terrains, rizières...), résoudre les problèmes<sup>1</sup> propres aux productions et aux conditions tropicales, cela en culture motorisée et en culture attelée. Chercheurs et techniciens se tournent vers l'expérience des pays industrialisés et importent les équipements susceptibles de convenir.

A titre d'exemple, on citera les chaînes de production motorisées de l'arachide qui, bien suivies à Bambey dans les puissances moyennes (40 à 70 ch), peuvent être considérées comme techniquement adaptées, alors que celles de l'opération arachidière de Casamance (CGOT puis SODAICA), plus puissantes, moins bien adaptées, ne déboucheront pas. Egalement l'adoption de gammes complètes d'équipements pour la production rizicole à Richard-Toll, au prix de nombreuses machines laissées pour compte. Enfin, on retiendra l'introduction de la traction animale dans les centres et les paysannats de Thiénaba, Kaffrine, Boulel, Séfa, etc. Ces opérations fournissent une contribution importante à la connaissance de la traction bovine et à la mise au point des matériels (premiers travaux de Jean Nolle sur le polyculteur à Boulel). Mais le travail d'adaptation est loin d'être terminé.

En 1960, on sait donc que l'introduction et l'observation de matériels en milieu insuffisamment contrôlé constituent une démarche trop aléatoire. A l'évidence, il faut vérifier l'exactitude des performances annoncées ainsi que l'adéquation des solutions offertes aux problèmes techniques posés, mesurer les caractéristiques de travail, évaluer les coûts d'exploitation... avant de les proposer aux exploitations.

Cette mission de normalisation est confiée à la division du machinisme agricole et génie rural (MGR) de Bambey. Celle-ci doit identifier formellement l'équipement, élaborer les procédures d'essais adaptées pour éliminer tout risque de contestation (industrielle, notamment) et permettre la comparaison des essais dans le temps et dans l'espace. Une telle tâche requiert une instrumentation pour mesurer des temps et des vitesses, des forces, des consommations.

1. LABROUSSE G., 1961. Conditions générales du développement de la mécanisation agricole dans les pays d'expression française. In : Comité interafricain de la mécanisation agricole, réunion de Ségou, Mali, 10-15 avril 1961. *Bulletin de liaison du Comité du machinisme agricole d'outre-mer*, 28 : 6-7 ; 29 : 9-15.

TOURTE R., 1961 L'équipement mécanique de l'agriculture traditionnelle africaine, facteur fondamental d'évolution. In : CITMA Paris.

tions, des glissements, des duretés, des usures... et des méthodes d'interprétation des résultats.

#### TRAVAUX MÉTHODOLOGIQUES ET MÉTROLOGIE

Le cahier des charges des essais est lui-même objet de recherches. Les bancs et pistes normalisés d'essais européens ne sont pas transposables, a fortiori en culture attelée. Le centre se dote de moyens appropriés : dynamomètres Richard sur chariot bicycle, puis dynamomètre Amsler embarqué sur tracteur ou machine, banc mobile d'essais Muller pour tracteur, appareillage pour la mesure de la consommation<sup>1</sup>, cadre dynamométrique<sup>2</sup> sur tracteur, etc. Après mise au point, ces différents équipements de mesures instrumentent tous les essais du centre, en conditions pluviales et irriguées.

En 1974, des méthodes spécifiques d'essais pour matériels rizicoles<sup>3</sup> sont finalisées par le Projet international de recherches sur la mécanisation de la riziculture, coordonné par le CNRA.

Les essais se déroulent au banc d'une part (données de référence), sur le terrain d'autre part. Les procédures et conclusions sont consignées dans un compte rendu écrit, officiel, qui peut être confidentiel. Les essais sont très nombreux de 1950 à 1980. Puis ils déclinent progressivement après l'échec du programme agricole qui freine la dynamique du marché, tant parmi les producteurs que chez les industriels, et limite l'effort de la recherche. Les essais de machines agricoles au Sénégal, de 1950 à 1985, sont présentés p. 137 et suivantes.

#### BILAN D'ENSEMBLE

Les matériels offerts en culture attelée sur le marché ouest-africain, durant une trentaine d'années (1950-1980 environ), sont testés par le CNRA et par les stations de Richard-Toll et Séfa. Les combinaisons entre les différentes possibilités de préparation des sols, de semis, de binage, de traitement, de récolte, de premières transformations, etc. — qu'il s'agisse de culture attelée ou de motorisation à différents niveaux de puissance, en culture pluviale ou irriguée, etc. — représentent des centaines d'itinéraires techniques, rendus possibles et proposables aux agriculteurs. Solutions qui seront complétées par les travaux de conception débouchant sur des prototypes.

En outre, émerge de ces essais toute une génération de matériels originaux, spécialement conçus pour les conditions africaines. Il s'agit de machines rendues polyvalentes par l'adaptation d'outils différents sur un même bâti (multiculteur et omniculteur), ou sur un même châssis (polyculteur). Il faut souligner qu'au même moment des études et réalisations sont conduites avec les

1. PIROT R., 1977. Essais menés au CRA de Bambey sur les petits tracteurs pour l'exploitation individuelle en Afrique tropicale sèche. *Machinisme agricole tropical*, 59 : 58-60.

2. PIROT R., 1977. *Travaux menés sur banc dynamométrique pour petits tracteurs intermédiaires. Compte rendu annuel de campagne, 1977.* Bambey, CNRA (SR/MGR).

3. WANDERS A.A., 1972. *Les méthodes d'essais des matériels de récolte et de battage du riz (projet international coordonné de recherche sur la mécanisation de la riziculture MDR/IRAT Sénégal/FAO).* Bambey, CRA, 16 p.

mêmes objectifs dans les pays anglophones (Nigeria, Inde...). Les inventeurs français jouent un rôle déterminant : Gilbert Bariani, Jean Nolle, René Le Lous. Dans les années 1970, on peut dire que l'équipement de culture attelée a basculé du stade de l'importation et du transfert de technologie au stade de la fabrication locale de machines tropicales.

Les essais techniques et les études plus économiques de l'IRAT Sénégal accompagnent l'évolution de la motorisation. Sur le fleuve en particulier, vingt années de travail (1965-1985 environ) conduisent à la transformation du parc. On passe de la combinaison historique chenillard-pulvériseur lourd aux tracteurs à roues équipés de matériels diversifiés pour l'ensemble du système technique de production, et aux équipements de récolte et de transformation (on se reportera aux notes et comptes rendus d'études réalisées dans le delta du fleuve, figurant dans le Répertoire des publications (1966-1985) de l'IRAT Sénégal-Mauritanie (Nogent puis Montpellier, au CIRAD). La décennie 1970-1980 voit des producteurs et des prestataires de services s'équiper pour pallier le désengagement de la SAED. Après 1980, les travaux des chercheurs ISRA-IRAT s'orientent davantage vers le conseil de gestion.

### De la mise au point à la conception d'équipements

Par l'adaptation des matériels existants ou par la création d'équipements nouveaux, l'objectif est de lever les contraintes de temps pour la réalisation des travaux, de pallier l'insuffisance des techniques manuelles, de mettre en œuvre les techniques innovantes, en production ou en transformation des produits, enfin de contribuer aux équilibres économiques des exploitations.

Nous donnerons huit exemples de création de prototype.

- Porte-outils sur polyculteur Nolle

Objectifs : améliorer le rendement et faciliter le guidage de l'engin.

Réalisation : doubles barres articulées de 2 m, à déplacement latéral pour binage de trois interlignes d'arachide ou sorgho et deux de mil.

Diffusion : SR/Exploitation puis stations régionales et paysans pilotes...

- Herse roulante étoile pour traction animale

Objectifs : reprise des labours derrière engrais verts.

Réalisation : fabrication locale d'étoiles métalliques en tôle montées sur bâti de 1 m de largeur

Diffusion : matériel construit par la SISMAR, utilisé par la SATEC/SODEVA

- Semoir de 2 m de largeur pour traction animale

Objectifs : évaluer la force des attelages en travail continu, accroître le rendement du travail.

Réalisation : matériel expérimental à quatre puis trois rangs, transmission par flectors simplifiés.

Impact : adéquation entre nombre de lignes semées et nombre d'interlignes binés selon la plante.

### Quelques adaptations

Matériel	Problème posé et mise au point	Région/Impact
Tous matériels de culture attelée	Soudures et assemblages défailants sur fabrication sénégalaise. Etude du problème. Formation locale	Toutes opérations de développement
Semoir multirang pour riz, à traction animale	Ajustement de la gamme Nodet (France) à la puissance des attelages (4 rangs)	Zone du fleuve Sénégal Évaluation de la force des attelages
Semoirs : arachide, mil, sorgho, riz, soja <sup>1</sup>	Définition des mécanismes de distribution : formes, nombre des alvéoles, des cuillers, cannelures <sup>2</sup>	Tous pays traction animale
Récolteuse pour arachide	Choix de la forme et du gabarit de la souleveuse pour traction animale et motorisation	Tous pays arachidiers
Epandeur d'engrais en culture attelée <sup>3</sup>	Mise au point du système distributeur d'engrais et nématicide	Tous pays traction animale

1. HAVARD M., 1986. *Les conclusions des expérimentations (1950-1985) sur les semis en culture attelée des principales espèces cultivées*. Dakar, ISRA, 115 p.

2. HAVARD M., 1985. *Le semis du riz au Sénégal. Quelques expériences de semoirs manuels et de culture attelée*. Dakar, ISRA, 30 p.

3. HAVARD M., 1986. Les conditions et les méthodes d'application de la fumure minérale au Sénégal. *Machinisme agricole tropical*, 96 : 42-56.

- Polyculteur à grand rendement<sup>1</sup>

Bambey puis SISMAR pour traction animale

Objectifs : optimiser l'utilisation de la puissance des attelages améliorés, augmenter la polyvalence du polyculteur Nolle, réduire les contraintes de temps de travaux.

Réalisation : transformation du polyculteur en enjambeur, ensemble de trois semoirs portés, porte-outils articulé décrit ci-dessus, plateau charrette. Diffusion : SR/Exploitation Bambey, stations et paysans pilotes ; diffusion très limitée car investissement requis très important.

- Semoirs semi-portés quatre rangs et six rangs pour culture motorisée

Objectifs : créer des matériels pour le semis motorisé de l'arachide, permettre les semis en lignes jumelées.

Réalisation : matériels semi-portés, à trémies jumelées 2 x 2, distribution par disques, transmission par chaîne.

Diffusion : semoirs B54, B56 et B58 utilisés à Bambey.

- Souleveuses d'arachide pour culture motorisée

Objectifs : créer des machines absentes du marché, récolter les lignes simples jumelées.

1. MONNIER J., 1971. *Le matériel à traction bovine dit à grand rendement. Premières réflexions sur son utilisation*. Bambey, CNRA, 17 p.

MONNIER J., PLESSARD F., 1973. Matériel à grand rendement pour traction bovine. *Machinisme agricole tropical*, 42 : 46-51.

Réalisations : souleveuse cerceau sur *tool bar* semi-porté, puis souleveuse à cœurs de 600 mm sur *tool bar* semi-porté. Essais d'usure avec revêtements au Ni-Cr (F. Plessard).

Diffusion : CNRA Bambey.

- Batteuse à mil motorisée<sup>1</sup>

Objectifs : égrener le mil chandelle, faciliter le stockage, diminuer les temps de travaux (fin de cycle), soulager le travail des femmes, obtenir un produit commercialisable en grain.

Réalisation : machine combinant le froissage des épis entre batteur et contre-batteur revêtus de métal déployé, à emboutissages opposés, nettoyage double (densimétrique sur crible rotatif et par ventilation). Machine de 1,1 tonne sur deux roues pneumatiques. Rendement 1 t/h, bon grain = 90-95 %, pertes = 3 %. Prototype en 1957 et dépôt de brevet ORSTOM en 1959.

Diffusion : présérie Arara puis SISCOMA en 1970 (BS1000). Lancée en 1975, concurrencée par d'autres machines, échec en coopératives. En 1985, 18 machines sont en place au Sénégal. Malheureusement la dimension économique n'est pas assez définie et le marché peu connu : entrepreneurs ? coopératives ?

- Matériel de stockage

Objectifs : diminuer les pertes après récolte en silo traditionnel (insectes, fermentations...) évaluées depuis 1960 à 20-25 % du contenu, promouvoir la fabrication locale des équipements.

Réalisations : silos métalliques<sup>2</sup> en tôles ondulées de 8/10, de 1,05 m de diamètre, 1,5 à 2,1 m<sup>3</sup> de contenu ; silos Carréras<sup>3</sup> en agglomérés autocoffrants cintrés, de 12 cm d'épaisseur, ferrailés et ceinturés en ronds de 6, béton coulé, diamètre de 1,50 m, volume de 1,12 m<sup>3</sup>. Coût de stockage inférieur de moitié à celui des silos coopératifs. Brevet déposé, forte longévité.

## L'agromachinisme

« La recherche agronomique classique est indissociable de la recherche en machinisme. La machine est justifiée dans la mesure où elle permet d'optimiser les autres facteurs de production. » (R. Tourte). Mais il faut aussi noter que l'action d'une machine agricole n'est pas assimilable à un facteur constant. Suivant les conditions (humidité, par exemple), le milieu (le sol, par exemple) et les plantes, le travail d'un outil peut être différent. Enfin, à partir d'un équipement standard, on peut moduler le travail par des adaptations

---

1. PLESSARD F., 1974. *Une expérience d'introduction de la batteuse à mil en milieu rural. Analyse des résultats*. Bambey, CNRA.

TOURTE R., 1978. Technologie des produits tropicaux après récolte. Le battage et l'égrenage (mil, sorgho, maïs, riz, blé). In : *Réunion technique du CEEMAT, 49<sup>e</sup> Salon de la machine agricole*, Paris.

2. BONLIEU A., TOURTE R., NICOU R., 1964. La conservation des récoltes au Sénégal. *Machinisme agricole tropical*, 5 : 10-16.

3. MBENGUE MODOU H., HAVARD M., 1986. La technologie post-récolte du mil au Sénégal. Importance relative des filières et des techniques utilisées. Etude des différents niveaux de mécanisation. *Machinisme agricole tropical*, 93 : 21-46.

(pièces travaillantes, par exemple), des réglages, etc. Les études de techniques culturales<sup>1</sup> illustrent cette approche agromachiniste.

#### TRAVAIL DU SOL

- Binage

Problème posé : élimination des adventices, rupture de la remontée capillaire de l'eau. Equipements : dents flexibles et cœurs galbés sur tous polyculteurs, multiculteurs...

Résultats : solution assez générale, efficace en sols sableux et argileux humides, mais horizon travaillé important (5-10 cm), d'où un effort de traction assez élevé.

- Sarclage

Même problème posé.

Equipements : mêmes machines, outils différents (dents rigides et lames plates sur houes, multiculteurs...).

Résultats : aussi efficaces que les cœurs en sols sableux avec des efforts moins importants car il s'agit d'un travail très superficiel ; moins bons sur sols argileux et sensibilité à l'humidité du profil.

- Travail du sol et semis simultané

Problème posé : optimiser les premières pluies, regroupement des opérations de préparation, de semis et de premier binage.

Equipements : multiculteur Ariana et semoir Super Eco associés dans un montage prototype.

Résultats : gain de temps important, effort de traction compatible, technique existant en motorisation dans les pays du Nord, mais grande sensibilité à l'humidité du sol.

- Travail du sol en sec

Problème posé : éclater le sol en sec pour emmagasiner les premières pluies, avancer la date de semis.

Etudes et essais de plusieurs modèles de dents : pointes diamant, lames M-H, pointes Fabre et SISMAR montées sur multiculteurs.

Résultats : probants en termes de rendement, mais efforts toujours très élevés pour la traction bovine, largeur de travail et rendements horaires faibles, technique dépendant vraiment de l'état du sol.

- Labours d'enfouissement des engrais verts<sup>2</sup>

Des études sur la dégradation des sols sous culture sont conduites, notamment à Séfa, depuis la Seconde Guerre mondiale (Roger Fauck) ; on sait aussi qu'une mauvaise utilisation de la machine peut s'avérer catastrophique (Eric Roose). Pour améliorer les caractéristiques physiques des sols, les agronomes

---

1. HAVARD M., 1986. Les principaux types de travaux du sol effectués par la traction animale au Sénégal. Observations et mesures utiles pour leur caractérisation dans les essais agronomiques. *Machinisme agricole tropical*, 93 : 6-14.

2. LE MOIGNE M., 1967. Problèmes d'enfouissement de matière verte en traction animale au Sénégal. In : *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux*, 19-25 novembre 1967, Tananarive, Madagascar, 6 p.

On se reportera également aux rapports de campagne SR/MGR de 1966 à 1969 (Nogent, IRAT, Bambey, CNRA).

proposent une solution dans la durée : l'enfouissement d'un engrais vert (mil) inséré dans la rotation des cultures. C'est un des thèmes lourds proposés par Bambey, qui mobilise donc toute l'équipe de recherche.

Initialement, de nombreux enfouissements expérimentaux sont réalisés à Bambey, Boulel, Séfa et Sédhiou (SODAIKA), par des tracteurs. Ils confirment, à grande échelle, l'intérêt de la technique. Mais les difficultés apparaissent lorsqu'on veut transposer l'innovation en traction animale.

Paradoxalement, lorsque la culture de l'engrais vert est réussie, son enfouissement devient difficile en culture attelée ; le corps de charrue est en effet trop petit pour retourner les souches vigoureuses de mil et enfouir les grands volumes de matière verte. De ce fait, ultérieurement, qu'il s'agisse d'engrais vert ou de jachère, le terrain est envahi par les repousses en saison sèche. Il est alors nécessaire de passer un engin superficiel... qui détruit pour partie l'effet labour !

De 1966 à 1969, les études menées en traction animale<sup>1</sup> se développent selon trois axes :

- conditionnement préalable de la matière verte (mode de semis de la plante, coupe, hachage, de la matière verte, placement manuel dans le sillon) ;
- comparaison d'équipements : labour d'enfouissement (enfouissement de l'engrais vert sur pied, avec une charrue équipée d'un déflecteur faisant basculer la matière dans le sillon ; corps de charrue de types cylindrique, hélicoïdal, américain ; labours de types couché, dressé, fermé...) ;
- façon culturale de reprise du labour, immédiate ou différée, par outil roulant, herse, etc.

L'enfouissement, souvent difficile, est réalisable en culture attelée. La meilleure solution est de combiner plusieurs actions culturales : préparation de la matière verte, labour et reprise rapide. L'essieu du polyculteur ou le cadre de l'Ariana couchent la végétation et facilitent le travail. On peut encore monter sur l'âge de la charrue un déflecteur (forme métallique élaborée en tôle ou fer à béton), couchant la matière devant le versoir et l'obligeant à basculer dans le sillon ; une chaîne métallique lourde accrochée à l'âge et agissant par son seul poids donne des résultats intéressants. On peut enfin couper la matière verte et la mettre dans le sillon avant le passage de l'engin ; c'est ce que feront souvent les chercheurs dans leurs essais et certains vulgarisateurs. Mais cela demande beaucoup de temps et reste peu envisageable en exploitation paysanne. La combinaison du labour avec déflecteur et d'une reprise immédiate par un outil roulant (voir ci-dessus herse étoile) achève de recouvrir la matière retournée. Le labour doit être dressé/fermé pour limiter la repousse du mil et des adventices. Et, contredisant les choix antérieurs, c'est le versoir hélicoïdal qui est le plus efficace.

---

1. NICOU R., LE MOIGNE M., 1990. Efficacité agronomique de la mécanisation des opérations culturales. In : *Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Comment produire plus et de façon durable en zone de savanes au sud du Sahara. Actes des Rencontres internationales (Montpellier, 10-14 décembre 1990)*. Paris, ministère de la Coopération/CIRAD, p. 475-506

MACHINES ET PHYSIQUE DU SOL

La liaison entre paramètres physiques du sol et action mécanique des machines est perçue bien avant la création de l'IRAT. Mais sa formulation et le traitement scientifique correspondant s'avèrent difficiles à mettre au point. On oscille entre la technique (le matériel, le travail du sol proprement dit qu'il faut améliorer...) et la recherche méthodologique (caractérisation des sols au moyen de ces matériels).

Rappelons que la prise en masse est règle assez courante dans de nombreux sols tropicaux en fin de saison des pluies. Elle pose le problème de la mécanisation dès lors qu'on veut travailler ces sols avant culture, en conditions sèches. Dans les années 1960, on tente de les labourer, sans succès, au moyen de la traction animale. Des solutions de remplacement sont recherchées, notamment des couteaux verticaux qui éclatent le sol sous différents angles, sans retournement. A partir de 1973-1974, une réflexion est conduite (A. Ducreux) par l'IRAT à Bambey puis au CEEMAT (Antony) et débouche sur l'élaboration d'un outil roulant agissant par son poids et par des lames spécialement profilées.

Le problème posé, dès 1967, à Bambey est le suivant : peut-on caractériser un sol et son état par la mesure de l'effort de traction nécessaire au passage d'un outil ? La division du machinisme construit un banc d'essai mobile à partir de deux Killfer John Deere articulés (machine de travaux publics, portant une dent rigide pour défoncer le sol et un dynamomètre Amsler pour mesurer les forces en jeu). Les essais ont lieu en 1968. Ce matériel lourd permet de maîtriser la profondeur de pénétration, mais il doit être tracté par un tracteur à chenilles qui rend la mise en œuvre difficile. Il est clair qu'il faut compléter le dispositif par la détermination des caractéristiques physico-chimiques des sols et par différentes variantes liées à l'utilisation du prototype. Au même moment, le CEEMAT développe un petit banc d'essai (aratromètre) dont la pièce travaillante rappelle un soc de charrue. Dans les deux cas, on cherche à créer des bases de références à l'aide d'une pièce travaillante, mais les objectifs sont différents : l'aratromètre se veut outil étalon permettant de comparer des machines, Bambey veut mesurer les performances d'un étalon en fonction de l'état d'un sol et, par là, caractériser ce dernier.

Après 1973, l'étude des liaisons sol-machine est réorientée avec la mise en œuvre de l'outil roulant déjà cité, puis par la thèse que A. Ducreux élabore sous la direction du Pr Manière (ENSAM), enfin par les travaux du laboratoire de gestion physique des sols (LAGEPHY). Désormais, l'axe de recherche n'est plus un outil étalon mais le sol, la question devenant : comment faire passer un sol d'un état initial à un état final, ayant les caractéristiques souhaitées pour un bon développement des plantes ?

Le sol est conçu comme un ensemble variable dans l'espace et dans le temps, qu'il faut caractériser en l'état, puis après transformation ; tout point représentatif de son état physique contribue à définir une surface d'existence. Or la machine modifie l'état physique et fait ainsi passer le sol d'un point à un autre de cette surface. Si on crée une base de références intégrant les machines et leur travail d'une part, les sols et leur évolution sous mécanisa-

tion d'autre part, on tient un outil de décision assez exceptionnel quant au choix des équipements et aux conséquences de leur utilisation.

A. Ducreux (CEEMAT), responsable du service de physique du sol de l'IRAT en 1981-1982, poursuit en ce sens. Mais le laboratoire n'est pas programmé pour conduire des études qui relèvent certes de l'agronomie, mais aussi de la mécanique des sols (approche travaux publics). Le contrôle du projet revient au CEEMAT, puis au CIRAD-SAR. En juillet 1986, le LAGEPHY est créé, associant le CEEMAT (A. Ducreux, S. Perret, Clarion), l'IRAT (M. Brouwers, M. Fortier) et l'ENSAM (Pr Manière, Jean-Paul Luc, Fonta). Témoignant d'une dynamique nouvelle, des travaux importants sont conduits outre-mer (La Réunion, Maroc, Tunisie, Burkina Faso, Madagascar...), associant machines, techniques culturales et sols, qui permettent au laboratoire de poursuivre l'approche méthodologique et d'enrichir la base de données. Progressivement, cette base se développe (Patricio Soto, 200 situations décrites), des négociations sont entamées avec le Minitel pour la gérer, etc. Le projet atteint une certaine maturité mais les crédits manquent dans un département en quête de ressources propres ! Les travaux sont arrêtés en 1991.

### EXHAURE DE L'EAU

En zones arides, les hommes recherchent depuis l'Antiquité des techniques simples et une énergie renouvelable pour puiser l'eau. Les résultats ne diffusent pas ou peu en Afrique sahélienne pour des raisons mal cernées : profondeur de l'eau, financement, responsabilité collective ? Bambey n'investit pas vraiment dans ce domaine. L'installation d'un manège à bœufs Briau lors des deuxièmes Journées du machinisme (1963), celle d'une éolienne lors des Journées de 1958 sont les seules initiatives. Le manège n'entre pas dans les priorités de travail, l'éolienne donne lieu à des échanges avec les services de l'hydraulique du Sénégal.

Plus productive est l'étude<sup>1</sup> du système d'exhaure Guéroult (Direction de l'hydraulique du Sénégal), conduite en 1970-1971 par les services du machinisme (François Plessard), des études agropastorales, de l'économie, et par la SARV (Guy Pochier) du CNRA. Le prototype construit par la SISMAR est placé dans une ferme expérimentale (PAPEM), selon un modèle associant agriculture, élevage et maraîchage.

Le principe est le suivant : un câble tracté par une paire de bœufs anime le va-et-vient vertical de deux seaux. Deux installations sont réalisées en milieu rural (1972), avec l'aide du Secours catholique : 32 et 48 m de profondeur, des abreuvoirs (350 têtes), des citernes (brevet IRAT-Carréras pour l'utilisation des parpaings autocoffrants). Elles permettent d'irriguer 2 800 m<sup>2</sup> de jardins potagers avec un débit de 3 m<sup>3</sup>/h à Keur Lamine. Une étude de prix de revient valide l'installation. Il reste à transférer la gestion de l'ensemble au village.

### **Economie : la machine dans les systèmes de production**

En 1960, le bilan des modèles de production testés en paysannat traditionnel n'a rien de spectaculaire et conduit à une philosophie prudente, fondée sur la formation des agriculteurs, l'appui à la maintenance des équipements

---

1. PLESSARD F., 1974. Etude d'un système d'exhaure de l'eau à traction bovine. *Machinisme agricole tropical*, 47 : 44-52.

qu'on estime toujours insuffisante, etc. Les problèmes de financement de la mécanisation en amont de la production (qu'il s'agisse de crédits ou de subventions) intéressent davantage que les bilans économiques des exploitations... L'approche sociale est quasi inexistante. Chacun est sceptique quant à la motorisation et à l'appropriation individuelle. Les recommandations ciblent la culture attelée... peut-être parce qu'elle présente moins de risque !

La prise en compte de l'économie par le machinisme de Bambey débute par une réflexion extrêmement simple sur les performances. Des ensembles de matériels, adaptés à la force de traction animale disponible, sont progressivement définis : ce sont les chaînes ou unités de culture. Par exemple, 1 houe Fabre + 1 semoir Super Eco en traction équine, 2 houes + 2 semoirs + 1 souleuse en traction bovine, etc. Cette association d'outils simples<sup>1</sup> peut être différente suivant les régions ; elle est complétée progressivement par les multiculteurs (outils montés sur bâti) et les polyculteurs (outils montés sur châssis).

Entre 1954 et 1980, le CNRA de Bambey présente ainsi à la vulgarisation des ensembles cohérents de machines à traction animale essayées en différentes conditions. Adoptées progressivement par les organismes de développement (SODEFITEX, SODEVA, services divers d'encadrement de l'agriculture, etc.), ces chaînes sont à la base de l'élaboration des normes d'équipement et des normes de crédit.

110

L'étude des temps de travaux nécessaires et des contraintes de calendrier cultural est engagée puis développée avec les chaînes dites lourde (polyculteur) et moyenne (Ariana)<sup>2</sup>. Elle concerne surtout la traction bovine. En 1975, le dossier donne lieu à un mémoire présenté à l'Ecole des arts et métiers par J. Monnier, document important tant sur le plan méthodologique qu'en ce qui concerne la classification des données<sup>3</sup>.

Cette base de données est complétée par la suite, soit en conditions expérimentales, soit en milieu paysan :

- par les performances de la traction équine et asine mesurées par la SARV et par les sociétés de développement (SATEC, CFDT) ;
- avec les chiffres obtenus au cours de l'étude du polyculteur à grand rendement au fur et à mesure de son évolution ;
- par les résultats de l'expérimentation menée sur des petits tracteurs de motorisation intermédiaire (Nioro-du-Rip) ;
- en motorisation, par l'enregistrement plus global des travaux d'exploitation et par les essais motorisés dans la région du fleuve (station de Richard-Toll, delta, SR/MGR, SR/Ex).

1. TOURTE R., 1956. *Naissance et développement d'une chaîne de culture pour la zone sahélo-soudanienne*. Bambey, CRA.

2. MONNIER J., 1965. Contribution à l'étude de la traction bovine au Sénégal. *Machinisme agricole tropical*, 10 : 3-25 ; 11 : 15-27.

3. MONNIER J., 1975. *Première approche agro-socio-économique de l'exploitation agricole en pays wolof Saloum-Saloum : conséquence sur les possibilités d'intensification des systèmes de production traditionnels et post-traditionnels*. Dakar, ISRA, 84 p. (Annexe 4 : classification des matériels de culture attelée utilisés au Sénégal, 60 p. Annexe 5 : fichier de références concernant le travail dans le Saloum, 70 p.)



diaire à Nioro-du-Rip<sup>1</sup>. Il étudie l'ensemble des contraintes dans diverses rotations, y compris cotonnières, en parallèle à l'opération menée au Sénégal oriental par la CFDT et le CEEMAT en milieu paysan.

#### LA GESTION COMME INNOVATION SUR LE FLEUVE

La petite motorisation (motoculteur) est prise en compte par la station de Richard-Toll pendant un temps<sup>2</sup>.

A la fin des années 1980, le statut de la SAED évolue et le Crédit agricole s'implante, ce qui favorise les organisations paysannes et la création de groupes d'intérêt économique<sup>3</sup>.

Les puissances des tracteurs passent de la gamme des 60-80 ch initiaux à celle des 35-45 ch pour animer les batteuses, pour revenir à 65 ch et plus lorsque le travail du sol est réalisé dans les CUMA. Mais la gestion reste un apprentissage pour les producteurs et les entrepreneurs. L'ISRA mettra en place un réseau d'observation et d'évaluation des organisations paysannes qui lui permet de suivre la motorisation dans les CUMA et les SUMA (sections d'utilisation des matériels).

Parallèlement se développera un champ de recherche<sup>4</sup> sur la stratégie des producteurs confrontés à la mécanisation des cultures et des récoltes, sur les facteurs conditionnant la prise de risque, sur la liaison entre production et transformation du paddy<sup>5</sup>... L'ISRA se positionne désormais dans les activités de conseil et de planification.

#### LES UNITÉS EXPÉRIMENTALES

Ces expériences sont commentées dans le chapitre traitant de la recherche-développement. Pour le CNRA de Bambey, le temps est venu de mettre en œuvre, à une échelle significative, les propositions de la recherche pour l'intensification de l'agriculture<sup>6</sup>. En s'immergeant dans le milieu paysan, la recherche doit pouvoir démontrer le bien-fondé de ses propositions et, éventuellement, les ajuster.

Les conditions et les conséquences du transfert des innovations y deviennent ainsi objets réels de recherche. Deux Unités expérimentales sont créées à

1. PIROT R., TCHAKERIAN E., 1979. *Structure d'exploitation motorisée de Nioro-du-Rip. Premiers résultats avec le tracteur Bouyer TE*. Bambey, CNRA, 19 p.

2. PIROT R., TCHAKERIAN E., 1980. *Systèmes techniques de production basés sur la motorisation intermédiaire. Tracteur Bouyer TE. Eléments d'analyse*. Bambey, CRA, 40 p.

3. COURTESOLE P., JAMIN J.-Y., 1982. *Expérimentation d'appui au projet » N'Dombo/Thiago ». Etude en milieu rural d'un système d'exploitation comportant une petite motorisation. Résultats de la première année d'étude*. Dakar, ISRA.

4. HAVARD M., 1993. Les évolutions récentes en motorisation agricole dans la vallée du fleuve Sénégal. In : *Innovation et sociétés. Séminaire d'économie rurale* (INRA/CIRAD/ORSTOM, Montpellier, 13-16 septembre 1993). Montpellier, CIRAD.

5. LE GAL P.-Y., 1993. Processus de décision et innovation : l'exemple de la double riziculture irriguée dans le delta du fleuve Sénégal. In : *Innovation et sociétés. Séminaire d'économie rurale* (INRA/CIRAD/ORSTOM, Montpellier, 13-16 septembre 1993). Montpellier, CIRAD, vol 3, p. 63-72.

6. TANDIA D., HAVARD M., 1992. *La transformation du paddy dans la vallée du fleuve Sénégal*. Dakar, ISRA, Etudes et documents, vol. 5, n° 1

7. TOURTE R., 1997. *Le Département systèmes agraires du CIRAD. Des origines à 1986*. Montpellier, CIRAD, 147 p. (coll. Autrefois l'Agronomie).

Thyssé-Kayemor-Sonkorong et à Koumbidia ; dans l'esprit de leurs promoteurs, elles vont permettre d'entraîner les exploitations paysannes vers de nouveaux équilibres associant les innovations de la recherche, la connaissance de l'environnement, le savoir-faire ancestral des agriculteurs..., tout ceci dans des terroirs très différents. Michel Benoit-Cattin, agronome économiste, appelé plus tard à évaluer ces opérations, rappelle la mise en œuvre des innovations et met en évidence l'évolution de la mécanisation (culture attelée) des exploitations<sup>1</sup>.

Nous résumons, ci-après, un certain nombre de ses conclusions.

« Les différentes propositions techniques faites par la recherche agronomique pour intensifier l'agriculture exondée au Sénégal forment un système cohérent qui a été vulgarisé sous l'appellation d'amélioration foncière, présentée sous forme de dix commandements considérés comme indissociables : aménagement foncier (regroupement des parcelles), essouchage, phosphatage de fond, rotation quadriennale, fumures fortes, semences sélectionnées et traitées, traction bovine, labour d'enfouissement, plantation d'arbres, etc.

Pour guider les exploitations vers ces améliorations, les chercheurs ont mis au point une méthode appropriée de conseil de gestion. Elle comporte un certain nombre de normes qu'il suffit de comparer à la situation de l'exploitation pour adapter les conseils et se rapprocher de l'optimum technique (seuils d'accès à l'intensification et à différents niveaux de mécanisation, rythme d'essouchage, capacité de traction, capacité de sarclage, matériel à conseiller, fumures minérales). Ainsi le conseil de gestion aborde-t-il l'ensemble de l'exploitation, sous quatre angles essentiels : l'aménagement foncier, l'équipement en matériel et cheptel de traction, l'équipement en investissements fixes, l'utilisation des fumures minérales ». Les normes utilisées dans les Unités expérimentales sont assez précises et représentatives de la région, compte tenu des enquêtes et de l'identification des contraintes principales :

- force de travail, 1,8-2 ha par actif ;
- rythme d'essouchage, 1 ha par an pour 3-4 actifs ;
- capacité de traction et de sarclage ;
- ratio matériel spécifique/surface à conseiller : 1 semoir pour 4 ha ; 1 Ariana pour 6 ha par paire de bœufs adultes et une houe Sine pour 4 ha supplémentaires ; 1 butteur pour 2 ha de maïs et coton par paire de bœufs ; 1 charrue pour 1,5 ha à labourer ; 1 souleveuse pour 4 ha d'arachide.

L'équipement du paysannat se fait normalement dans le cadre du programme agricole, avec le matériel déjà vulgarisé, et avec certains matériels préconisés par la recherche.

En conclusion, et après avoir évalué le développement des chaînes de culture attelée, Michel Benoit-Cattin écrit : « Comme le montrent les résultats déjà enregistrés dans le cadre des Unités expérimentales et comme le confirment ceux obtenus sur l'ensemble de la région de la SODEVA, la traction bovine s'intègre sans difficultés dans les structures de production agricole. Si

<sup>1</sup> BENOIT-CATTIN M., 1979. La mécanisation des exploitations agricoles au Sénégal. Le cas des Unités expérimentales du Sine-Saloum. *Machinisme agricole tropical*, 65 : 44-50.

cette traction a pour sous-produit la viande de boucherie, elle est également un excellent moyen pour initier les agriculteurs aux pratiques de l'élevage intensif. La mécanisation que permet la traction bovine, notamment grâce à un appareil du type Ariana, répond parfaitement aux objectifs d'intensification de l'agriculture et est bien adaptée aux structures socio-économiques de la production. L'équipement optimum des exploitations est cependant loin d'être atteint et l'effort doit se poursuivre au niveau national (production de matériel, subvention, crédit...) comme au niveau local, notamment par des conseils aux paysans pour qu'ils constituent progressivement des chaînes de culture cohérentes et bien adaptées à leur exploitations.

Capacité de traction		Capacité de sarclage	
Animaux de traction	Surface (ha)	Equipements	Surface (ha)
1 âne	2,5	Houe occidentale	3
1 cheval jeune	2,5	Houe Sine	3,5
1 cheval adulte	3,5	Houe Sine Greco	4
1 paire de bœufs jeunes	3,0	Canadien Arara	4
1 paire de vaches	4,0	Canadien Ariana	6
1 paire de bœufs adultes	6,0	Polyculteur	6
1 paire de bœufs vigoureux	8,0	Polyculteur grand rendement	8-10

Au-delà des normes, la recherche dans les Unités expérimentales conduit à une évaluation de l'impact de la vulgarisation dans le domaine de la mécanisation<sup>1</sup>, évaluation osée sans doute mais unique :

- 1) une action intense de développement de la traction bovine durant dix années consécutives ne peut raisonnablement espérer mettre en place plus d'une paire d'animaux pour deux exploitations (en moyenne) ;
- 2) 25 années constituent vraisemblablement la durée minimale nécessaire pour introduire la traction bovine auprès de la quasi-totalité des exploitations d'une région antérieurement sans traction bovine. La durée sera plus longue si l'on part d'une population en culture manuelle plutôt que d'une population déjà familiarisée avec la culture attelée équine ou asine (cas du Sine-Saloum) ;
- 3) la proportion de laissés pour compte de traction bovine ne pourra guère être inférieure, en moyenne, sur un terroir assez vaste, à 50 % des exploitations au bout de 10 ans de diffusion, 25 % des exploitations au bout de 15 ans de diffusion, 10-15 % des exploitations au bout de 20 ans de diffusion.

### Les synthèses

Durant leurs dernières années de présence au sein de l'ISRA, les chercheurs du machinisme (IRAT puis CIRAD) jouent un rôle essentiel de conseil tech-

1. RICHARD J.-F., 1982. Quinze années de diffusion de la traction bovine au Sénégal. Le cas des unités expérimentales du Sine-Saloum (1966-1980). *Machinisme agricole tropical*, 77 :22-38.

nique et produisent des synthèses sur 40 ans de recherches. Le dernier expatrié du SR/MGR, Michel Havard, achève les travaux : d'une part, par l'étude du parc de machines agricoles, avant et après la spectaculaire crise du crédit de 1980, qui change les conditions de diffusion de la culture attelée ; d'autre part, en regroupant les études conduites dans quelques grands chantiers du machinisme.

En 1986, le constat de la mécanisation au Sénégal va montrer l'échec relatif de la motorisation des opérations culturales et l'impact de certains matériels postrécolte, mais surtout il met en évidence le succès de la culture attelée en matériels légers. La recherche en machinisme, intégrée à la recherche agronomique, a joué un rôle très important dans la progression de la traction animale, tant par les améliorations et essais de matériels que par la coordination et l'animation des divers organismes et structures concernés.

Contrairement aux prévisions, le niveau d'utilisation des matériels de culture attelée du Sine-Saloum n'a pas diminué, mais il s'est stabilisé depuis l'arrêt des distributions en 1980. Ce constat global cache les contraintes majeures que sont la dégradation du parc, l'augmentation des besoins en maintenance, et le non-équipement de nombreux carrés. Sous un autre angle, ces enquêtes confirment l'attachement des paysans aux matériels légers (houes et semoirs) et à la traction équine, permettent de préciser le zonage sur la culture attelée et mettent en évidence un réseau artisanal de maintenance qui a permis de prolonger l'utilisation du matériel. Il ressort de ces enquêtes l'urgence de relancer une politique de mécanisation du monde rural<sup>1</sup>.

Après 1990, les chercheurs du CIRAD détachés auprès des structures sénégalaises interviendront dans le cadre d'un ISRA réorganisé et d'une nouvelle politique agricole (NPA).

On a pu écrire que l'utilisation de la culture attelée était devenue une réalité pour la majorité des paysans sénégalais. Peut-on alors dire que le développement d'une agriculture mécanisée n'est pas envisageable ? La crise du crédit et l'arrêt des mises en place de matériels ont sans doute freiné la dynamique de la mécanisation qui, on l'a rappelé ci-dessus, exige des efforts à très long terme. Pourtant, les initiatives artisanales n'ont pas cessé de se manifester dans le domaine de la maintenance. Une relance est-elle toujours possible, dans une population sensibilisée, en respectant des conditions souvent rappelées dans ces pages (Yves Bigot) ?

La recherche IRAT, pour sa part, a mis au point un nombre considérable d'itinéraires techniques, pour l'ensemble des productions, à différents niveaux énergétiques. Elle les a introduits et évalués en milieu réel d'utilisation. En outre, facette trop souvent oubliée de son activité, elle a formé des paysans, des cadres nationaux, des vulgarisateurs.

---

1. HAVARD M., 1987. *Comment évolue le niveau d'équipement en culture attelée des paysans du Sine-Saloum depuis l'arrêt du Programme agricole en 1980*. Dakar, ISRA-DRSAEA, 19 p.

HAVARD M., 1987. *L'apport de la recherche en machinisme à la mécanisation de l'agriculture au Sénégal*. Dakar, ISRA-DRSAEA, 46 p.

## La Côte d'Ivoire

### L'état des lieux

La Côte d'Ivoire n'a pas connu de grandes opérations motorisées, de type CGOT, Office du Niger... pour lesquelles la dimension du projet sort largement des limites territoriales, sous l'influence d'économies de guerre ou de grands groupes de pression.

Le nord, sauf expériences réduites en riziculture à Korhogo et à Odienné, est longtemps considéré comme une zone pauvre, jusqu'à l'introduction du coton. La zone sud développe des cultures de rapport (café et cacao) pour lesquelles la SATMACI, société d'Etat, encadre la lutte phytosanitaire à partir de 1968.

Les plantations européennes (ananas, par exemple) mettent l'accent sur les traitements phytosanitaires et la transformation des produits. L'exploitation forestière développe une forme de mécanisation spécifique et acquiert une solide expérience.

La motorisation ne semble pas être, alors, une panacée, au contraire ; les bilans prévisionnels techniques, économiques et sociaux apparaissent décourageants<sup>1</sup>.

Tout change, à commencer le discours, à partir des années 1957-1960, précisément avec la mise en place des blocs palmiers.

### LA POLITIQUE DE MÉCANISATION

Prises au plus haut niveau (présidence et gouvernement), les orientations de l'agriculture et l'option pour la motorisation à l'échelle nationale sont déterminantes. Elles sont motivées par une politique d'ouverture sur les marchés extérieurs pour les cultures de rente, par la volonté de développer la production à travers l'accroissement de la productivité du travail et l'extension des surfaces, enfin par une politique de modernisation attractive pour les jeunes qu'il faut fixer en agriculture.

Le gouvernement est conscient de la difficulté, pour les agriculteurs, à maîtriser des techniques complètement nouvelles et s'efforce d'y répondre en misant sur une politique volontariste et un choix privilégié — la motorisation —, sur des moyens institutionnels comme outils de cette politique, sur des moyens financiers fournis par des cultures de rente cotées sur le marché international, sur un dispositif de production certes étatique, mais sous-tendu par une initiative et une dynamique privées incontestables, enfin une scolarisation forte et ambitieuse.

Concernant le machinisme, on crée le Comité expérimental pour la mécanisation des cultures (COMEX) ; puis le service de la promotion du machinisme agricole (ministère de l'Agriculture), chargé de définir la politique du gouvernement, est mis en place par Hervé Bichat en 1965, sous le ministère

---

1. DENEUFBOURG J., 1963. Les problèmes posés par la mécanisation agricole en Côte d'Ivoire. *Machinisme agricole tropical*, 2 : 43-47.

d'Abdoulaye Sawadogo. Est également créé MOTORAGRI (1966), société d'Etat chargée de gérer un parc d'intervention motorisé à l'échelon national.

En 1966, le Comité consultatif du machinisme agricole de Côte d'Ivoire (COMACI), ayant pour mission d'étudier les problèmes technico-économiques posés par la mécanisation, est formé. Doté d'un budget propre, il est dirigé successivement par M. Tourtzevitch, Bernard Coffre, Edmond Brepson, enfin par Clément Assémien.

En 1977, le Centre ivoirien du machinisme agricole (CIMA) s'installe à Bouaké. Il a en charge la conduite des essais de matériels en vue de la standardisation du parc, la formation des ingénieurs et des agriculteurs, l'analyse des conditions économiques de la modernisation de l'équipement...

De nombreuses questions se posent et la dynamique initiale s'infléchit. Le plan quinquennal 1971-1975 réoriente la politique agricole vers plus de système de production et moins de sectoriel et MOTORAGRI doit spécialiser ses interventions. Des opérations sont lancées dans le nord où la motorisation est désormais considérée comme rentable dans les systèmes de production à double cycle, avec cotonnier. On reconsidère la position de la culture attelée dans cette zone.

Dans ces projets de mise en valeur entrepris par l'Etat, les schémas de production reposent sur les blocs ; ce sont des surfaces assolées calculées à

**Le domaine motorisé**

Société de développement	Dispositif / Mode de production	Mécanisation
AVB	En 1967-1969, création de blocs regroupant les agriculteurs autour de chaînes motorisées sur 150 ha.	Tracteurs à roues de 60-80 ch avec charrues à disques, semoirs pour coton, maïs, arachide.
SODERIZ (Odienne)	En 1965-1966 promotion d'entrepreneurs motorisés assurant des prestations de services.	Tracteurs à roues pour travail du sol, récolte à la moissonneuse-batteuse. Assistance par la SODERIZ puis MOTORAGRI.
SODEFEL	Agriculteurs regroupés autour de chaînes motorisées sur trois périmètres maraîchers et sur des blocs de 60 ha pour ananas en frais.	Tracteurs de 75 ch à roues + équipements, matériels de traitement, de transport pour bananes, tronçonneuses, tarières.
SODEPALM	Production sur blocs industriels ou sur plantations villageoises.	Motorisation intégrale et appui aux agriculteurs. Travaux d'entretien, de transport et de génie rural.
CIDT	En 1970-1971, trois blocs mécanisés (GUMA) avec chaînes motorisées.	Tracteurs à roues de 60-80 ch et équipements (modèle AVB) Développement de culture attelée.

partir du potentiel de tracteurs à roues de 60 à 80 ch, exploitées collectivement. Cette conception repose sur les expériences des secteurs pilotes (Béhéké et Mankono, auxquels sont associés les noms de Gérard Gleizes et Edmond Viricelle).

#### DÉVELOPPEMENT DE LA MOTORISATION

En 1964, l'inventaire<sup>1</sup> établi par la chambre d'agriculture et d'industrie montre que le parc de 400 tracteurs agricoles est faible, comparativement aux superficies cultivées en plantes industrielles ou vivrières et au volume des productions. Il est géographiquement dispersé et très hétérogène, avec cinq marques : Renault, Ferguson, International, Caterpillar, Man. Il s'agit de matériel allant du 30 ch au 50 ch diesel.

En 1971, l'enquête réalisée par Philippe Bonnefond (ORSTOM) recense 212 tracteurs à chenilles (Caterpillar, International, Hanomag, Continental...) supérieurs pour moitié à 100 ch, auxquels il faut ajouter 143 engins de MOTORAGRI (D8, D7, D6, D4, TD 25, TD20, TD15...) et 1 515 tracteurs à roues (80 % de marques Renault et Ferguson). En outre, le parc forestier comporte 900 tracteurs à chenilles et 150 débardeurs à roues. Le secteur privé (pris en compte ci-dessus) développe une motorisation à base de tracteurs à roues dans tous les domaines, notamment ceux des traitements phytosanitaires et de la transformation des produits. Ainsi, l'engagement dans la politique motorisée ne se traduit pas par un décollage exceptionnel du parc. En dix ans, il a été multiplié par deux pour les tracteurs à chenilles, par quatre pour les tracteurs à roues, les chiffres initiaux étant faibles. En outre, cette augmentation ne recouvre pas une demande paysanne mais la création volontariste d'un domaine motorisé.

Les programmes de l'IRAT sont conduits par des agronomes généralistes : MM. Chabalié, Kalms, Le Buanec, Poulain... La sensibilité machinisme se retrouve avec B. Grémillet, agromachiniste venu de Madagascar, G. Renaut à Ferkessédougou, R. Vandevienne qui traite de l'igname, Y. Bigot (agro-économiste). Plus tard, F. Plessard (mécanique) et J. Monnier arriveront du Sénégal. Il n'y a pas de programmation générale. Les priorités découlent des innovations agronomiques qu'il faut conforter en les mécanisant, selon les orientations rappelées ci-dessus.

### Les travaux de recherche de l'IRAT

#### DÉFRICHEMENTS ET ÉROSION

L'IRAT, qui s'intéresse plus particulièrement<sup>2</sup> aux interactions entre défrichement et installation de cultures annuelles, montre que la dégradation rapide

1. BERGIER R., 1964. Machinisme agricole en Côte d'Ivoire. Situation du parc de tracteurs. *Machinisme agricole tropical*, 7 : 8-15.

2. KALMS J.-M., 1975. *Influence des techniques culturales sur l'érosion et le ruissellement en région Centre de Côte d'Ivoire*. Bouaké, IRAT.

LE BUANEC B., 1972. Dix ans de culture motorisée sur un bassin versant du Centre Côte d'Ivoire. Evolution de la fertilité et de la production. *L'Agronomie tropicale*, 27 (11) : 1191-1211.

LE BUANEC B., 1979. Intensification des cultures assolées en Côte d'Ivoire. Milieu physique et stabilité des systèmes de cultures motorisées. *L'Agronomie tropicale*, 34 (1) : 54-73.

**Dispositif de recherche en Côte d'Ivoire**

Organismes de recherche	Mécanisation	Commentaires
CIMA COMACI	Centre d'essais et comité pour la mécanisation.	Tous travaux. Base Bouaké
IRAT	Recherche agronomique et par plante. En 1960, pas de machinisme.	Ne participe pas aux manifestations officielles (foire de Bouaké en 1963). Pourtant, le machinisme donne lieu à des travaux originaux dans les stations de recherches agronomiques et dans les structures ivoiriennes où les chercheurs de l'IRAT sont détachés. Des essais de travail du sol et de matériels se font au sein des programmes de techniques culturales, à Ferkessedougou, à Bouaké, dans les fermes semencières de Dekokaha et de Badikaha <sup>1</sup> .
IRHO, IRCT, IFAC	Recherche agronomique disciplinaire et par plante. Etude spécifique de la mécanisation pour les plantes concernées.	L'IRHO met au point des techniques de défrichement et des normes voisines de celles de Caterpillar (défrichement motorisé). Ces instituts travaillent en prise directe avec la production ; ils prennent le contrôle de l'opération et pilotent les études et les évaluations. Situation qui change plus tard avec la nouvelle organisation de la recherche ivoirienne.

1. GERDAT, 1976. *Intensification de l'agrosystème en cultures assolées dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Bilan des recherches agronomiques*. Bouaké, IRAT.

des sols résulte d'opérations telles que l'andainage et le ratissage, qui suivent l'abattage des arbres et refoulent les résidus végétaux et les strates superficielles du sol vers des andains (espacés de l'ordre de 50 m), le compactage du sol par les engins, l'extraction des racines et le sous-solage, enfin la préparation plus fine des lits de semences. Résultats qui confirment les études menées par l'ORSTOM (E. Roose) et par l'IRHO en palmeraie. Cela conduit le Projet de motorisation paysanne (voir ci-après) à tester des matériels nouveaux (treuils Boughton, Extra-liner, Hydra-stumper) qui arrachent les souches sans les traîner sur le sol, émettant moins celui-ci que la lame Fleco sur bulldozer (Alain Bergeret, Jean-Claude Lassaux).

TRAVAIL DU SOL CONVENTIONNEL

Pour mémoire, on mentionnera les matériels testés lors de la préparation des terrains d'essais : sous-soleuse à 40-50 cm de profondeur (effet positif mais rémanence faible), charrue bisoc réversible (travail positif en sol ressuyé et négatif en terrain sec car sol trop creux), billonneuse après labour sur maïs (effet peu marqué sur la culture suivante), cultipacker (peu convaincant)...

TRAVAIL DU SOL SANS RETOURNEMENT<sup>1</sup>

Les outils à dents complètent l'ameublissement et l'organisation du profil d'un labour. A partir des années 1970, les pays du Nord développent et diversifient ces matériels. A côté des cultivateurs et tillers déjà connus, des bâtis nouveaux (chisels, strippels, vibrels...) portent des étançons surtout flexibles, qu'il s'agisse de doubles spires, de lames et contre-lames, d'articulations à ressorts, etc. Les pièces travaillantes ont des formes particulières permettant de travailler à grande vitesse, de retourner les chaumes, d'éclater le sol en profondeur, d'aménager le profil des labours et les horizons superficiels. En savanes ivoiriennes, tout gain de temps est appréciable ; en outre, il faut extirper des plantes adventices à rhizomes, créer des surfaces rugueuses (lutte contre l'érosion)... En Côte d'Ivoire, tous les travaux de labour et de reprise sont effectués avec des disques (le soc, à tort ou à raison, n'est pas utilisé), avec tous les risques d'érosion qui en résultent. De là à penser qu'il faut introduire ces nouveaux matériels à dents pour expérimenter de nouvelles formes de travail du sol, il n'y a qu'un pas...

L'introduction des dents se fait en plusieurs étapes sur la ferme semencière de Dekokaha (B. Grémillet) : après « labour » de fin de saison sèche, à la fin de la préparation du lit de semences en première intervention (déchaumage), enfin à l'enfouissement de matière organique et d'engrais vert. Dans ce cas, l'engrais vert est couché préalablement avec des roues-cages. Les expériences combinent les types d'engins, les périodes d'intervention, les façons culturales (reprise des adventices, enfouissement de résidus, reprise du profil ou préparation du lit de semences...) en fonction des plantes cultivées et des problèmes posés. L'expérimentation dépasse donc les essais des machines agricoles et intègre la mise au point de systèmes de culture.

Ces travaux relèvent d'une mécanisation plus élaborée que celle fondée sur l'utilisation des disques (y compris derrière un défrichement). L'outil à dents permet d'obtenir rapidement un sol agricole correct, même en première année de culture ; il ne détruit pas la structure du sol. Les dents permettent, en sol ressuyé, un bon ameublissement par un travail en place relativement profond (15-20 cm) et par un éclatement de la couche de battance. On observe un nettoyage du sol, une bonne circulation de l'air et de l'eau, et une incorporation plus ou moins complète des résidus de récolte. La puissance du tracteur est bien utilisée (par la vitesse).

Les conditions étant ce qu'elles sont, les situations culturales sont toutes maîtrisées par une combinaison judicieuse d'engins travaillant très rapidement. Les performances répondant aux contraintes de temps sont assurées. Les disques n'interviennent plus.

« L'expérience rapportée par Bernard Grémillet est originale dans la mesure où elle constitue l'une des premières tentatives, en milieu tropical, de remplacement des techniques classiques de préparation des terres par retourne-

1. GRÉMILLET B., 1979. Les instruments à dents en riziculture pluviale et aquatique motorisée des savanes de Côte d'Ivoire. *Machinisme agricole tropical*, 65 : 31-42.

NICOU R., 1980. Le travail du sol aux dents en Afrique de l'Ouest. Communication à la réunion technique du 51<sup>e</sup> SIMA (6 mars 1980). *Machinisme agricole tropical*, 71 : 32-56

ment, par un travail réalisé en utilisant exclusivement des instruments à dents. Il convient d'en souligner toute la portée technique et la valeur d'enseignement appuyée notamment sur :

- son caractère de vraie grandeur [...] (échelle d'une ferme semencière d'environ 400 ha) ;
- son ancienneté ;
- sa dimension système de culture ;
- sa qualité de reproductibilité temporelle [...] à l'échelle du paysage et de la parcelle » (R. Tourte). Cependant, l'expérience ne vaut que pour des conditions analogues de milieu physique et de technicité. A cette époque, les comparaisons avec les autres techniques conventionnelles n'ont pas été menées. Les agronomes restent critiques sur les évaluations agronomique et économique.

« En conclusion, ces techniques de travail du sol aux dents paraissent parfaitement adaptées au contexte dans lequel elles ont été mises au point, et en particulier aux sols gravillonnaires bien structurés et poreux. Il faut cependant rester prudent quant à l'évolution à long terme » (Robert Nicou).

Avec le temps, on reconnaît que les deux formes de travaux, labour conventionnel et utilisation des dents, sont utiles et complémentaires, selon les conditions et les besoins rencontrés, toutes choses admises et pratiquées dans les pays du Nord. Le mérite de Bernard Grémillet est d'avoir enrichi le débat par des réalisations concrètes en termes systémiques et d'avoir travaillé les alternatives aux disques, dont la mauvaise utilisation a un effet dangereux pour les sols.

### La culture attelée

Les premières études techniques et économiques sont lancées par l'IRAT en 1960, dans le nord du pays. Elles débutent par la mise en œuvre des équipements de culture attelée et manuels pour l'ensemble des cultures pratiquées en assolement dans la région (igname, coton, maïs, mil, arachide, sorgho, riz pluvial et stylosanthès) : charrue Ebra T33, butteuse Bajac et Fabre de 48 kg, houe, cultivateur, herse Téchiné, semoir polyvalent Ebra, souleveuse d'arachide, charrette de construction locale, semoir portatif Semvith, batteuse japonaise à paddy, égreneuse à main pour le maïs, faux et râteaux pour la coupe des fourrages. Ces études comprennent, d'une part, la mesure des temps de travaux (machine, attelage, main-d'œuvre) et les calculs des prix de revient, d'autre part l'étude du coût du kilogramme produit pour chaque culture et de la valorisation de la journée de travail.

L'intérêt de la traction animale pour certaines cultures vivrières (maïs et igname) ou de rapport (arachide et riz) est ainsi établi. Le triplement des superficies cultivées par personne active et des rendements par hectare est envisageable. Ce travail correspond à celui mené à la même époque au Sénégal ; il ne s'engage pas sur l'adaptation des équipements mais insiste davantage sur les conditions de rentabilité<sup>1</sup>. Les résultats sont fortement discutés dans les études de Yves Bigot. Pourtant, l'action est — historiquement

---

1. RENAUT G., 1966. Contribution au développement de la culture attelée en Côte d'Ivoire. Ferkessédougou. *Machinisme agricole tropical*, 15 : 34-46.

— essentielle ; se situant en marge des orientations officielles, elle ouvre sur les potentialités d'une mécanisation à traction animale.

En 1971, la culture attelée est introduite par la CIDT. Des chaînes de matériels connues par ailleurs (Arara, Ariana, charrettes...) sont associées aux systèmes de culture cotonniers. La culture attelée démarre réellement. L'approche est d'abord méthodologique et se traduit par des enquêtes<sup>1</sup>.

La force de travail, notamment féminine<sup>2</sup>, s'avérant être le facteur de production le plus important dans les conditions étudiées du nord de la Côte d'Ivoire, est évaluée comme critère d'échantillonnage. A noter que, dans la zone de Nielle, l'opération de motorisation intermédiaire s'implante également au sein de la CIDT ; les études comparent donc les formes de mécanisation, leur association de fait, la croissance des superficies cultivées en cotonnier.

Toutefois, l'objet essentiel des recherches réside dans l'analyse des échecs antérieurs de la culture attelée et les conditions de sa réussite<sup>3</sup>. Les points essentiels sont les suivants :

- la définition technique des matériels, les premiers équipements européens diffusés en 1960 ne conviennent pas aux planteurs ; ils sont trop lourds pour les animaux de trait, coûteux et ne résistent pas dans des terres mal essouchées ;
- le dualisme productivité du sol/productivité du travail ; en zone dense de Korhogo, le facteur limitant étant la terre, les producteurs cherchent à ouvrir des parcelles plus éloignées grâce aux possibilités de transport offertes par la traction animale, et misent de fait sur la productivité du travail (P. Milleville et Peacock) ;
- le financement de la culture attelée n'est assuré qu'à partir du moment où la culture dégage des revenus ; c'est le cas des zones cotonnières où un système de crédit est en outre instauré ;
- la prise en compte des problèmes liés à la pénibilité du travail (travaux du sol), aux blocs de travaux contraignants (sarclage), aux techniques spécifiques (billonnage) ;
- l'approvisionnement en animaux de trait.

« La mise au travail agricole du cheptel bovin disponible constitue la meilleure solution possible pour amorcer l'équipement des exploitations, en réduisant tout d'abord la pénibilité du travail de mise en place et d'entretien des cultures ; mais pour que la reproduction spontanée de la culture attelée qui constitue en fin de compte le seul critère définitif de son adoption ait lieu, les conditions suivantes doivent être réunies :

- cheptel disponible, ce qui exclut une grande partie des régions des savanes de Côte d'Ivoire ;

---

1. BIGOT Y., ESTUR G., 1976. *L'utilisation effective de la culture attelée lors de la mise en place des cultures dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire en 1976*. GERDAT-IRAT, 10 p.

2. BIGOT Y., 1981. Croissance cotonnière, travail féminin et évolution du système de production agricole dans le Nord-Côte d'Ivoire. In : *Séminaire AAAS/Fondation Ford sur la contribution des femmes à la production alimentaire et au développement rural en Afrique*, 1-5 juin 1981, Lomé, Togo, 17 p.

3. BIGOT Y., 1981. La culture attelée et ses limites dans l'évolution des systèmes de production en zone de savanes de Côte d'Ivoire. *Machinisme agricole tropical*, 84 : 44-51.

- matériel approprié, ce qui n'est pas encore le cas pour la riziculture et pour l'igname ;
- existence d'au moins une culture pour laquelle les rapports de prix et le système de crédit permettent de financer l'équipement (coton, par exemple) ;
- disponibilité en terres, ce qui ne constitue pas une contrainte en Côte d'Ivoire, compte tenu des migrations à partir des quelques zones denses existantes, et de la faiblesse générale de la densité démographique en régions de savanes (10 hab/km<sup>2</sup>) ».

Un certain nombre de facteurs limitent l'utilisation de la culture attelée. Les travaux de fin de cycle présentent un calendrier des opérations trop contraignant<sup>1</sup>, qui superpose les récoltes, les travaux du sol et, en Côte d'Ivoire, la mise en place des ignames précoces. Une motorisation spécifique post-récolte est nécessaire, ce qui recoupe l'expérience du Sénégal. Concernant l'équipement, la mécanisation spécifique de l'igname et celle du riz pluvial ne sont pas au point en traction animale. Enfin, certains travaux, du sol notamment, ne peuvent être conduits en culture attelée, l'énergie nécessaire étant trop élevée.

Le thème de la motorisation d'appoint ainsi rappelé est très complexe<sup>2</sup>. Les systèmes mécanisés sont le plus souvent mixtes : culture attelée + manuel, motorisation intermédiaire + manuel, motorisation + culture attelée... cela pour des raisons énergétiques et de mobilisation de la force de travail. Résoudre une contrainte peut entraîner un autre déséquilibre...

### La motorisation de la culture d'igname

La culture de l'igname est l'une des plus anciennes pratiquées en Afrique et en Asie tropicale, de façon traditionnelle et itinérante. Son intégration jugée nécessaire dans les systèmes de culture motorisés entraîne aussitôt de fortes contraintes de travail, la main-d'œuvre requise étant très importante.

Une première initiative conduit à modifier une planteuse à pomme de terre. L'engin permet de travailler un hectare en 5-6 heures avec quatre personnes. Puis un prototype IRAT donne des résultats plus ou moins satisfaisants. Le problème est le suivant : les planteuses existantes fonctionnent bien avec des semenceaux de taille modeste qui eux-mêmes produisent des tubercules trop petits pour la consommation ! Les expériences sont poursuivies en 1969, à la demande du ministère de l'Agriculture, en collaboration avec le COMACI<sup>3</sup>.

Quatre années d'introductions, d'essais et de modifications sont suivies par quatre années d'utilisation des équipements. Les résultats sont les suivants :

- pour la confection de billons de 52 cm de hauteur, opération envisageable après labour, trois billonneuses sont essayées, IH, Massey Ferguson, Kidmah Ltd. Israël ; elles ne conviennent pas aux caractéristiques requises ;

1. BIGOT Y., 1980. Productivité du travail, emploi et mécanisation agricole dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Machinisme agricole tropical*, 72 : 15-27.

2. BIGOT Y., 1981. *Evolution du système de production consécutive à l'introduction de la petite motorisation dans des exploitations de culture attelée de la région de Nielle en 1979 et 1980*. Bouaké, IDESSA, 32 p.

3. VANDEVENNE R., TOURTZEVITCH Y., 1977. Essais de mécanisation de la culture de l'igname en Côte d'Ivoire. *Machinisme agricole tropical*, 60 : 30-46.

IRAT Côte d'Ivoire, 1969, 1970, 1971, 1974, 1975. *Rapports analytiques, cultures diverses*.

- le travail réalisé par la planteuse Desbonnet un rang à godets, modifiée, est intéressant ;
- l'arracheuse-secoueuse Bucher-Guyer Kuhn à socs, modifiée, est adaptée.

Ces solutions réduisent de 70 % le temps de travail manuel nécessaire (200 j/ha). A ce stade des travaux et malgré les insuffisances, on peut envisager l'intégration de l'igname dans les systèmes motorisés.

### Le projet de motorisation paysanne

Le plan quinquennal 1971-1975 reconnaît les difficultés de la motorisation en Côte d'Ivoire. A la demande du ministère de l'Agriculture, la Caisse centrale de coopération économique mobilise ses propres services ainsi que ceux de la SEDES, du CEEMAT et de la CINAM, pour analyser les problèmes posés. En 1979, commence le montage du projet de recherche-développement de motorisation paysannes (PMP) coordonné par le BETPA, qui sera accepté en 1980<sup>1</sup>.

Sa réalisation est confiée au Centre ivoirien du machinisme (CIMA). Le pilotage initial est confié aux organismes ci-dessus et à l'IRAT (J. Monnier, chef de projet détaché auprès du CIMA). Le PMP, conçu comme un projet de recherche-développement, repose sur les idées-forces<sup>2</sup> suivantes.

#### TECHNIQUE

L'expérience passée, axée principalement sur la grosse motorisation, a montré les limites de cette solution. Outre les prix élevés à l'investissement, et de plus en plus élevés au fonctionnement (hausse du coût de l'énergie), les coûts de réparation et d'entretien apparaissent prohibitifs [...] il convient pour l'avenir de s'entourer d'un maximum de précautions avant de généraliser certaines formules. La méthodologie de R-D est donc très fortement marquée par cette nécessité [...] le projet est axé sur l'observation des conséquences d'une introduction progressive de matériel sur les parcelles et dans les unités de production paysannes ainsi que dans l'économie locale, régionale et nationale.

L'actualité du problème de la mécanisation et l'urgence des solutions impliquent de limiter la gamme de matériels devant être testés à des matériels existants, ayant dépassé le stade du prototype, et *a fortiori* du laboratoire et de la planche à dessin. Il s'agit là d'une garantie de fabrication rapide si le projet démontrait l'opportunité des matériels considérés [...] le projet de R-D s'appuiera avant tout sur une expérimentation en vraie grandeur technique, économique et sociale, c'est-à-dire dans des conditions paysannes de fonctionnement.

#### SOCIO-ÉCONOMIE

Cette approche présente l'inconvénient d'être sectorielle, autrement dit de privilégier le machinisme dans la recherche d'améliorations des systèmes de

1. Ministère de l'Agriculture, BETPA, 1979. *Projet de motorisation paysanne. Etude de factibilité.*

2. GRIFFON M., LE MOIGNE M., OGIER M., PESLAY M., ASSEMIEN C., MONNIER J., 1980. *Projet de motorisation paysanne en Côte d'Ivoire : méthodologie, définition des protocoles et évaluation.* Paris, GERDAT/CEEMAT/SEDES/CINAM, 53 p.

production agricole [...]. A cela le projet doit répondre par la souplesse de son dispositif qui permet, dès l'instant où l'essentiel du travail se déroule dans les conditions paysannes, d'intégrer les éventuelles innovations ; ce sont surtout les variations de prix et l'évolution des formes d'appropriation sociale (sociétés de développement, grands groupements coopératifs, petits groupements familiaux, individuels...) qui risquent de déterminer le fait que certaines solutions seront appropriées ou non dans telle ou telle situation.

### TYPOLOGIE DES CAS ET ZONAGE GÉOGRAPHIQUE

Les travaux sont essentiellement fondés sur une typologie des systèmes paysans de production. Les principaux critères utilisés reposent sur les systèmes écologiques, les systèmes sociaux globaux, le système économique global, le système de production agricole. Une douzaine de zones géographiques sont ainsi différenciées, présentant vingt-cinq situations principales correspondant à des systèmes existants, traditionnels ou déjà transformés, modernisés pour tout ou partie. Cela distingue radicalement le projet des modèles plaqués dans les opérations.

### LE PMP ET SON ENVIRONNEMENT

De nombreuses critiques et inexactitudes ont été formulées par la suite à propos de ce projet. Elles n'engagent que leurs auteurs. En 1980, de telles réflexions sur la mécanisation sont nouvelles, de nombreux responsables du développement et de la recherche sont surpris, et à l'évidence ne comprennent pas totalement l'approche. Localement, même si le projet a l'aval des autorités, il dérange la logique des blocs... Les sociétés de développement ne sont pas prêtes à collaborer, ni à intégrer les résultats du PMP comme autant de solutions les concernant. Enfin, les autorités font pression pour que le projet prenne en compte l'ensemble de la mécanisation dans tout le pays, ce qui conduit à une dimension excessive du dispositif et exige de très gros moyens humains.

L'incompréhension sur le fond apparaît clairement dès les premiers bilans établis en 1985 : « Durant les trois premières années du projet motorisation paysanne, une vaste gamme de matériels a été testée selon le processus de recherche-développement [...] certains en station expérimentale [...] d'autres expérimentés en conditions maîtrisées par la recherche [...]. La deuxième partie du projet doit mettre l'accent sur l'étude des caractéristiques économiques et humaines des systèmes de production préconisés et en particulier des capacités d'appropriation des innovations par le milieu rural et de leur diffusion par les organismes de développement ». Le processus est faussé : la recherche-développement est réduite à un processus en station ou en milieu contrôlé mais on ne fait plus état d'interventions dans le milieu paysan ; par ailleurs, on confond les étapes du raisonnement avec un calendrier d'opérations...

A partir de 1985, le projet est réorienté vers l'exploitation agricole et son environnement, et donne lieu à l'élaboration de quatre microprojets en zones forestière et de savane<sup>1</sup>. Le PMP s'interrompra en 1987 et seule l'opé-

---

1. MONNIER J., 1984. *Projet de motorisation paysanne. Opportunité de mener le projet à terme. Mise en place des microprojets (phase IV)*. Bouaké, CIMA, 62 p.

## Domaines des essais réalisés par le PMP (laboratoire, banc et milieu contrôlé)

Sous programmes	Motorisation conventionnelle	Cellule motrice intermédiaire	Motoculteur	Culture attelée	Transport	Dérichage et équipement	Équipement de travail du sol	Équipement pour culture	Équipement pour récolte	Batteuse, machines de transformation	Traitement phytosanitaire	Divers
Boundiali	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Odienné		x					x	x	x		x	x
Touba	x		x				x		x			
Korhogo	x	x	x				x	x	x	x	x	x
Béoumi		x			x		x	x	x	x	x	x
Béoumi	x				x		x	x	x	x	x	x
Béoumi				x	x		x	x		x	x	x
Marabadiassa	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x
Yamoussoukro		x	x		x		x	x	x	x	x	x
Toumodi	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
Gagnoa	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
San Pedro	x	x	x		x		x	x	x	x		x

ration conduite en région centre<sup>1</sup> aboutira à une opération de développement (ADARC), beaucoup plus tard, en 1990.

### RÉSULTATS

Quelles que soient les difficultés rencontrées, le PMP reste un projet où la réflexion aura été très approfondie en termes de recherche et développement. Il marque l'importance de la machine dans la mise en œuvre de systèmes techniques et socio-économiques de production. Et les rééquilibrages successifs du projet seront le fruit de ces réflexions. Il démontre également la nécessité de faire appel à une équipe pluridisciplinaire pour en traiter, ce qui à l'époque est assez révolutionnaire.

En première phase du projet, il y a effectivement survalorisation de la machine ; les matériels sont longuement essayés dans les dispositifs de recherche, au détriment de l'insertion paysanne. Ce qui devait être un tri rapide et normalisé, en relation constante avec la réalité (*feed-back*), devient une finalité. Cela étant, on dispose désormais de l'identification et des performances potentielles d'équipements homologués en Côte d'Ivoire. On trouve, en particulier, un grand nombre d'essais conduits en petite motoculture, en motorisation intermédiaire<sup>2</sup>, sur les premières opérations de récolte, sur les premières transformations des produits.

Il convient de souligner les études réalisées sur les matériels conventionnels de faible puissance, tracteurs à deux et quatre roues motrices, qui ont le mérite de la fiabilité industrielle, l'introduction de plusieurs niveaux de motoculteurs en culture irriguée, les essais de matériels de récolte du riz, portés sur tracteurs ou automoteurs, et de première transformation (battage-égrenage du riz, notamment). Sur le plan strict du machinisme agricole, on dispose d'informations et de solutions potentielles originales, précieuses pour l'avenir.

Force est de constater que les analyses faites par les détracteurs du PMP manquent souvent d'objectivité. Après avoir désigné la mécanisation comme responsable de tous les maux, bon nombre d'entre eux ne veulent plus en entendre parler, l'attention étant polarisée sur la socio-économie... Pourquoi pas, mais que reste-t-il des fondements du projet ?

Une très grande expérience a été accumulée en Côte d'Ivoire<sup>3</sup>. Elle permettra longtemps des projections multiples sur l'ensemble du pays, qu'il s'agisse de traction animale<sup>4</sup> ou de motorisation. Les rapports d'essais édités se trouvent

1. LECOMTE Y., 1989. Adaptation et viabilité de la motorisation. Un exemple de motorisation conventionnelle dans la région Centre de Côte d'Ivoire. *Les Cahiers de la recherche-développement*, 23 : 40-53.

2. ASSEMIEN C., BERGERET A., BONNY S., MONNIER J., 1982. Les équipements proposés par le CIMA pour tracteur TE. In : Réunion technique : Motorisation intermédiaire. Quels équipements ? 53e SIMA, Paris, 12 mars 1982, *Machinisme agricole tropical*, 79 : 13-19.

3. BIGOT Y., MONNIER J., LANDAIS E., MANDJOBBA, 1983. *Données agricoles de culture manuelle et attelée applicables au calcul économique dans le Nord de la Côte d'Ivoire : tableaux de calculs des actifs et des surfaces cultivables*. Abidjan, ministère de l'Agriculture, vol 2, n° 11-13, p. 84-128.

4. MONNIER J., 1982. Premières propositions concernant les possibilités de développement de la culture attelée en région des savanes du Nord-Côte d'Ivoire. In : *Etude BETPA, Banque mondiale, Projet de motorisation paysanne*. Bouaké, CIMA.

au CIMA de Bouaké, au ministère de l'Agriculture à Abidjan, à l'IRAT à Paris (CIRAD).

## Madagascar

### L'état des lieux

Madagascar apparaît souvent comme un creuset privilégié de la mécanisation tropicale. Cela tient sans doute à sa très ancienne colonisation (XIX<sup>e</sup> siècle), aux nombreuses plantations privées (à la fois de cultures de rente et de cultures vivrières), à la maîtrise de techniques mettant en jeu la traction animale et la motorisation, aux performances agricoles de sa population...

La majeure partie des travaux est antérieure au transfert de l'IRAM à l'IRAT. On sort de ce qui a été une colonie de peuplement, où les nombreuses exploitations européennes, avides d'innovations et ouvertes sur le marché, ont stimulé la recherche. L'encadrement général est celui des services de l'agriculture. On ne connaîtra pas les grandes opérations de productivité ou de développement, avec un encadrement rapproché des agriculteurs, conduites en Afrique de l'Ouest après l'indépendance.

Dans les années 50, le développement de la mécanisation relève des services de l'agriculture (génie rural, M. Duffour). Le niveau technique atteint par les agriculteurs européens et malgaches est élevé. Des expériences sont conduites, en production et transformation des produits, par des sociétés d'économie mixte (SOMALAC, SOSUMAV, Samangoky) ; d'autres le sont en paysannat, avec traction animale ou motorisation, individuelle ou collective (Sackay). Des coopératives d'utilisation de matériel pour la production et la commercialisation des produits (Marovoay), des associations culture attelée-motorisation, en rizières ou en cultures pluviales..., sont aussi testées.

### Le dispositif de recherche

Les aspects fondamentaux de la recherche malgache sont transférés progressivement à l'ORSTOM entre 1955 et 1959. L'IRAM reste délibérément orienté vers le terrain (G. Cours), en particulier dans le domaine du machinisme. Il existe des milliers d'hectares de rizières, des exploitations individuelles de 800 à 1 000 ha et de vastes secteurs paysannaux. C'est directement dans cet environnement qu'ont lieu les essais et les mises au point d'équipements.

A partir de 1960, l'IRAM est agence de l'IRAT. La grande station est celle du lac Alaotra, dotée d'une section grandes cultures chargée des essais d'équipements et spécialement de la motorisation. Les stations de Marovoay et de Majunga (nord-ouest) sont connues pour les essais de petite mécanisation rizicole.

Les chercheurs accueillis par l'IRAT sont souvent des agronomes traitant de mécanisation dans les essais de techniques culturales (J.-P. Dobelmann, R. Dufournet). La sensibilité au machinisme se trouve chez Bernard Grémillet, Jacques Marquette, L. Poyvre, Yves Coré, Germain Jannaud, René Le Lous.

Sur le plan des méthodes<sup>1</sup>, seule la station du lac Alaotra effectue des travaux comportant des mesures et des comparaisons technico-économiques entre matériels de même type. Les autres organismes formulent de simples appréciations visuelles lors d'introductions ou de démonstrations. Il règne une certaine confusion à Madagascar, car les essais sont faits isolément, en l'absence de normes bien définies. Il manque une coordination et une centralisation des expérimentations.

L'IRAT n'a pas l'opportunité d'aller plus avant dans l'organisation nationale de la recherche en machinisme. Le génie rural impose progressivement son action, en s'appuyant sur la station de Nanisana, près de Tananarive, qui devient ensuite Centre national d'essais et d'expérimentation du machinisme agricole malgache (CNEEMAM), appuyé par un Comité national du machinisme. Ce dernier a désormais la responsabilité de l'identification des besoins, de l'orientation des études et des essais, des prototypes et de la coordination avec les organismes étrangers. Pratiquement, le centre met des appareils au point avec l'industrie locale (SIDEMA) jusqu'en 1970. Ensuite, il participe aux introductions de matériels, d'abord européens puis soviétiques, chinois, japonais, etc.

### Les réalisations de l'IRAT

En zone francophone, Madagascar compte parmi les pays qui ont fait et font de grands efforts (essais et adaptations) pour la mécanisation des rizières paysannes, qu'il s'agisse de riz irrigué ou de riz pluvial. Des systèmes techniques de production cohérents ont ainsi été mis au point<sup>2</sup>.

#### ETUDE DU PETIT MATÉRIEL DE RIZICULTURE

L'emploi du petit matériel de riziculture, manuel ou à traction humaine, étant inconnu en agriculture familiale dans nombre de situations malgaches, une expérimentation<sup>3</sup> est lancée dans la plaine de Marovoay ; elle recoupe celles des provinces de Tananarive et de Tuléar, en 1963.

Les expérimentations et les mises au point portent sur les matériels suivants :

- barre niveleuse pour pépinières et petites rizières (un tiers d'hectare par jour en travail manuel) ;
- rayonneur à doigts verticaux pour ordonner le repiquage ; adaptation pour un travail sous faible lame d'eau ;
- guideur à riz, avec barre équipée de six traceurs et d'une trémie à plants, tirée en reculant dans la boue par un homme (travail sous lame d'eau) ;
- guideur à riz pour terres fluides, similaire au précédent, avec système de buttage pour rechausser les plants ;
- repiqueuse chinoise fabriquée à Majunga ;

1. LABROUSSE G., 1968. La recherche (au sens large) en matière de mécanisation agricole tropicale (pays francophones). *Machinisme agricole tropical*, 23 : 20-35.

2. DOBELMANN J.-P., *Riziculture pratique. I. Riz irrigué. II. Riz pluvial*. Paris, Presses universitaires de France, 229 p. et 131 p. (coll. Techniques vivantes).

LABROUSSE G., UZUREAU C., 1962. Méthodes et matériels susceptibles d'être utilisés pour l'amélioration de la production rizicole, particulièrement dans les pays francophones d'Afrique tropicale et à Madagascar. *L'Agronomie tropicale*, 17 (6) : 321-382.

3. DOBELMANN J.-P., 1964. *Etude du petit matériel de riziculture dans la région de Marovoay*. IRAM, délégation pour la Côte Ouest, 13 p. (document n° 28).

- instruments de sarclage, les premières houes rotatives étant venues de la CECOCO (Japon) en 1960 ; un agriculteur de Tananarive (M. Ramilison-Ranandro) s'intéresse à l'engin et le fait construire, la SATEC<sup>1</sup> (J. Gillain, R. Le Lous) puis la station IRAM le modifie (augmentation du diamètre des rotors et réglage du sabot), pour obtenir un rendement de cinq journées de travail par hectare ;
- instruments de récolte, avec la faucheuse à bras japonaise, adaptée pour l'andainage (*valum* gaulois) ;
- instruments de battage (batteuses à pédale et à moteur).

Des essais agronomiques sont conduits avec les matériels, en les comparant aux techniques paysannes entièrement manuelles (étude des temps de travaux...).

Au final, les résultats sont assez peu satisfaisants pour la recherche car les cultivateurs ne sont pas intéressés. Il y a à cela plusieurs causes : sur les grandes surfaces, on emploie une main-d'œuvre saisonnière salariée ; un apprentissage est nécessaire ; la volonté de se servir des machines n'est pas évidente ; l'emploi de ces équipements fatigue davantage que les techniques séculaires ; enfin, les spécialisations féminine et masculine des travaux ne sont pas respectées. Seuls les techniques de repiquage en ligne avec rayonneur et le sarclage à la houe rotative s'intègrent dans les habitudes du pays.

#### CULTURE ATTELÉE

Le développement de la culture attelée est antérieur à l'arrivée de l'IRAT. Sans pouvoir situer son origine dans le pays, on sait que l'énergie animale était utilisée bien avant l'introduction de la charrue (F. Sigaut), dans le piétinage, par exemple. Bien plus tard, on la retrouvera en plein essor au lac Alaotra<sup>2</sup>.

Vers 1930, période souvent prise comme repère par les agronomes tropicaux du XX<sup>e</sup> siècle, la région du lac présente des conditions très favorables à l'innovation : stabilité politique, participation des producteurs, politique agricole organisée, existence de conditions zootechniques, d'équipement et d'artisanat convenables. Facteur déterminant, Le Thomas crée à Ambohitsilaozana, au cœur de la région, une école de dressage des zébus. Celle-ci devient plus tard la station de recherches agronomiques. L'action y porte sur le harnachement, la ferrure des sabots, les types de charrues (brabants Bajac et Fondeur MXL ou araires — matériels lourds puisque les premiers, à carrelets, pèsent 120 à 150 kg, les seconds 75- 85 kg), les machines agricoles attelées (herses, pulvérisateurs, planches niveleuses, semoirs...), les seuils d'équipement (détermination des surfaces optimales pour louer ou acquérir un attelage). Cette relance exceptionnelle porte ses fruits ; 1 000 charrues Bajac sont vendues en dix ans.

Bien plus tard, en 1984, on comptera environ 16 000 brabants et 3 000 char-rués simples, pour 32 000 exploitations. Diffusion liée à l'émulation, à la

1. GILLAIN J., BRESSON, 1966. Développement de l'emploi de la houe rotative pour le sarclage des rizières à Madagascar. *Machinisme agricole tropical*, 14 : 48-53.

2. RABEZANDRINA R., 1988. Une réussite de la culture attelée : cas de la région du lac Alaotra à Madagascar. In : *Economie de la mécanisation en régions chaudes. IX<sup>e</sup> séminaire d'économie rurale* (Montpellier, 14-16 septembre 1988). Montpellier, CIRAD, p. 31-35.

prospérité des paysans (sans subvention) ? Les transports par charrette se développent également, mais on ne sait dire si le célèbre modèle malgache (tombereau) découle de cette action.

L'IRAM puis l'IRAT accompagnent la mise au point de matériels pour la traction animale (ou manuelle) au Lac, mais aussi à Marovoay et à Majunga<sup>1</sup> :

- barre niveleuse à traction animale, pour sol immergé ;
- rouleau piétineur pour rizière, les angles d'attaque des lames étant étudiés pour les *baiboho* et les terres de marais ;
- herse à lames lisses et vrillées, montées sur un cadre poussé de façon alternative par un opérateur, ce qui brasse la terre ;
- polyculteurs et multiculteurs divers pour riz, manioc, arachide, maïs, haricot... (essais de comportement).

### MOTORISATION RIZICOLE

En 1957, les premiers essais de préparation du sol en boue par des roues-cages<sup>2</sup> montées sur tracteur Renault D35 ont lieu à la station de Marovoay. Ils se situent dans la ligne des recherches et adaptations conduites en Camargue (France). La finalité est d'améliorer l'état de la boue et de faciliter le repiquage, mais aussi de diminuer les coûts par rapport à la préparation habituelle en conditions sèches (labours).

Les résultats obtenus sont les suivants :

- mesure des pressions au sol des matériels et des cellules motrices ;
- élaboration des tests de pénétration de la boue et d'évaluation de son état ;
- mise au point concernant l'utilisation du tracteur, la technique étant dangereuse du fait des cabrages du tracteur (au travail, lors d'un enlèvement...) ;
- mise au point de la technique, avec travail en submersion complète permettant l'enfouissement et une première décomposition de l'herbe, suivi par un passage sous faible lame d'eau pour brassage, huit jours plus tard ;
- étude de rentabilité (positive) ;
- rendements améliorés par le repiquage hâtif et le contrôle des adventices.

On envisage, à terme, l'extension des surfaces cultivées.

### SEMIS MÉCANIQUE DE PADDY PRÉGERMÉ

L'objectif est de mieux maîtriser la mise en place du riz. Le repiquage requiert une main-d'œuvre importante ; par ailleurs, le faible tallage de l'époque entraîne un faible rendement lorsqu'on adopte des écartements propres au désherbage mécanique. De ce fait, en riziculture traditionnelle, un dixième seulement des surfaces est repiqué, le reste étant semé directement dans la boue ; avec de mauvais rendements puisque la préparation, insuffisante, ne détruit pas les adventices. L'utilisation de l'avion n'est satisfaisante que lorsque la submersion est parfaitement contrôlée. Il faut donc semer prégermé dans une boue adéquate. L'expérimentation porte sur l'équi-

1. DUFOURNET R., CELTON J., GRÉMILLET B., 1965. *Techniques culturales en rizières. Résultats généraux de l'expérimentation régionale, 1961-1964.* IRAT/Institut de recherches agronomiques à Madagascar, 8 p.

2. DOBELMANN J.-P., POYVRE L., 1960. Possibilités d'emploi des tracteurs à roues cages en riziculture inondée. *Bulletin de liaison du Comité du machinisme agricole tropical d'outre-mer*, 25 : 12-17.

pement du tracteur Renault D35 de roues squelettes arrière et d'un semoir Somac cinq rangs à distribution par ergots cubiques (mis au point en Camargue par Pizzigela et Nouel). La technique de préparation est mise au point : labour avec charrue à socs, reprise avec disques, mise en eau (20 cm) et piétinage avec roues-cages. On procède à des essais du nouveau matériel camarguais de semis, avec succès : régularité de la levée, bon tallage, possibilité de binage mécanique sur boue pâteuse.

#### RÉCOLTE MÉCANIQUE DU RIZ

On étudie le comportement et les performances des moissonneuses-batteuses de la station de recherche du Lac et des matériels utilisés par les agriculteurs et les entrepreneurs de la plaine du Sihanaka (lac Alaotra). Les moissonneuses-batteuses anciennes (International Harvester, Massey Harris, John Deere, Claeys) sont comparées aux nouvelles machines (John Deere et Claeys). D'autres techniques, andainage, liage, battage, etc., sont évaluées. L'andaineuse, machine trop légère pour les sols boueux, et la lieuse ne conviennent pas. Des matériels constituent de véritables progrès techniques (moissonneuses-batteuses Claeys et J. Deere, générations 1960).

L'intérêt économique de tels matériels est jugé positivement, ce qui est logique dans un milieu où les contraintes climatiques donnent l'avantage aux techniques rapides, où la récolte manuelle exige la venue de manœuvres temporaires, surtout dans les grandes exploitations européennes. Mais on ne conclut pas au développement de la riziculture complètement motorisée, compte tenu de la forte densité de population.

#### RÉCOLTE DU MANIOC

Une des premières tentatives de récolte mécanique du manioc est l'adaptation de la charrue trainée à disques Brush Breaker, matériel lourd utilisé dans les opérations de défrichage, tracté par un chenillard D4 ou D6 Caterpillar. Les résultats sont positifs, mais le degré de mécanisation est peu compatible avec les modes de production.

#### CONSERVATION DU PADDY

A Madagascar, les usines traitent annuellement 250 000 tonnes de paddy. Les techniques sont donc connues. Des entreprises disposent de séchoirs continus à colonne près du lac Alaotra et de Fianarantsoa : le riz y est ramené à 14,5 % d'humidité. Dans la station de production de semences, le séchage a lieu en sacs pour éviter les mélanges de variétés, sur plateau perforé traversé par de l'air pulsé (brûleur à mazout) à 40-45 °C.

#### APPROCHES ÉCONOMIQUES<sup>1</sup>

Pour les différentes cultures agricoles pratiquées sur le périmètre, on procède à la mise au point des normes de main-d'œuvre et d'attelage à l'hectare, à l'estimation des frais de culture et des moyens de travail (culture attelée,

1. JANNAUD G., 1964. Le travail et les prix de revient au périmètre de culture n° 15. Lac Alaotra, Madagascar. *Machinisme agricole tropical*, 5 : 43-52.

BRUYÈRE R., DECHANET R., DELHAYE R., GRÉMILLET B., JANNAUD G., LAVIGNE R., Le périmètre de la Sahamaloto (Madagascar). Bilan des connaissances agronomiques. *L'Agronomie tropicale*, 18 (5) : 527-550.

culture motorisée) dont disposent les agriculteurs, enfin à l'évaluation du travail des hommes et des animaux ainsi que de leur rentabilité.

## Les autres actions de recherche

### Haute-Volta (Burkina Faso)

Des introductions de tracteurs sont effectuées par les services spécialisés (sections de mécanisation, secteurs de modernisation...), sans succès ni lendemain. Les seules opérations d'envergure concernent l'aménagement des vallées des Voltas et l'implantation de la canne à sucre (à Banfora). Mais l'IRAT (sauf conseil technique) est faiblement impliqué. En revanche, un programme de travail cohérent, liant travaux du sol, culture attelée, systèmes de culture, s'y développe à partir de 1960. Les stations de recherche sont celles de Saria et Farako-Bâ. Un chercheur agromachiniste y joue un rôle essentiel : Claude Malcoiffe.

#### ETUDES DE TRAVAIL DU SOL (1960-1971)

L'IRAT Haute-Volta se contente d'expérimenter des techniques éprouvées, au Sénégal notamment, de façon très réaliste, en utilisant les moyens effectivement disponibles dans les conditions voltaïques du moment. Les essais sont conduits avec la daba manuelle, la houe Manga et la charrue à traction asine ou bovine, enfin avec du matériel motorisé, sur cotonnier, sorgho, en 1965-1968, et sur différents sols<sup>1</sup>.

#### ESSAIS DE TRACTION DES ATTELAGES DISPONIBLES

En 1964, le dispositif IRAT est un point d'appui pour l'étude conduite avec le CEEMAT, pour le ministère français de la Coopération, sur l'énergie animale<sup>2</sup>. Il s'agit d'une étape de l'expérience qui vise à mesurer les efforts de traction et la puissance des attelages nécessaires pour réaliser les façons culturales ; les moyens expérimentaux sont réduits (dynamomètre Testut d'une tonne).

#### EXPLOITATION EXPÉRIMENTALE

Une exploitation expérimentale conduite en traction bovine est lancée à Saria, en 1968. L'ensemble des temps de travaux et des résultats d'exploitation sont enregistrés et traités. Avec des moyens limités, l'équipe en place franchit toutes les étapes allant des essais de machines et de techniques culturales au modèle d'exploitation<sup>3</sup>.

La recherche débouche sur le concept d'intégration agriculture-élevage et prend en compte la nécessité de développer les cultures fourragères, de valo-

1. IRAT Haute-Volta, 1972. Principaux résultats agronomiques obtenus par l'Institut de recherches agronomiques et des cultures vivrières en Haute-Volta, 1960-1971. In : *Séminaire de la recherche*, Fondation Ford/IITA, Ibadan, Nigeria, mai 1972. Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage/Direction du développement rural.

2. SCHERRER J., 1966. *Étude de la puissance des attelages disponibles en Afrique de l'Ouest et à Madagascar (1963-1966)*. Paris, ministère de la Coopération.

3. MALCOIFFE C., 1973. *Analyse des observations enregistrées sur l'exploitation expérimentale de Saria mise en place en août 1968*. Ouagadougou, IRAT Haute-Volta, 30 p.

riser les bœufs de réforme, de fabriquer le fumier<sup>1</sup>... L'IRAT Haute-Volta rejoint les approches systèmes des équipes déjà rencontrées au cours des chapitres précédents.

Parallèlement, la culture attelée se développe en zone sahélo-soudanienne, à partir de 1965, du fait de la politique favorable à la production du coton et de l'arachide. Dans le Yatenga, de 1968 à 1978, le BDPA puis l'ORD encouragent la production de coton, de sésame et d'arachide par des campagnes de commercialisation, de crédit pour le matériel et les animaux. Le parc de charrues, de charrettes et de houes Manga double de 1975 à 1982... mais concerne seulement 10 % des exploitations. Le succès est donc très relatif. Les sécheresses de 1971 à 1974, puis de 1982 à 1985, provoquent la mort des animaux, les ressources vont à l'alimentation des hommes, les crédits ne sont plus remboursés, etc. La culture attelée régresse.

### Mali

Une division (DMA) du service du génie rural et un comité du machinisme agricole sont mis en place, en 1970, sous l'autorité de Drahmane Zerbo. L'IRAT ne développe donc pas de structure spécifique dans ce domaine. Pourtant, un chercheur de sensibilité agromachinisme (Gilbert Vallée) introduit des matériels de culture attelée bovine et met en place des essais de techniques culturales<sup>2</sup>, d'abord à Mopti, de 1970 à 1975, en riziculture inondée ou semi-contrôlée et en cultures pluviales, les études portant, notamment, sur les profondeurs de labour et sur la lutte contre les riz sauvages, puis au Samanko, près de Bamako, et à la ferme de Sotuba, sur les cultures pluviales, de 1975 à 1980.

Les matériels pris en compte sont les multiculteurs Sine et le polyculteur à grand rendement, le semoir à riz quatre rangs Mopti (variante du semoir Nodet), la bineuse à riz montée sur Ariana, ainsi qu'une houe, variante de la houe Fabre. Une collaboration existe avec la DMA, et les adaptations sont réalisées avec la SMECMA, usine malienne de fabrication de matériels.

### Niger

A la station de Tarna, Bernard Feuillet ne dispose pas de gros moyens pour étudier la mécanisation ; il couvre pourtant un vaste territoire, de Niamey et Tarna à Maradi et Zinder. Le machinisme est intégré dans les propositions faites à la vulgarisation. La culture attelée (zébus et ânes) est seule prise en compte dans des conditions assez diverses sur sols ferrugineux. Les essais de labour montrent peu d'effet sur l'arachide, mais ont un impact positif sur le mil (+ 50 %) ; le scarifiage avec la houe Manga est moins productif (+ 25 %). Sur sols alluvionnaires (Ader Douchi), on note un effet très positif de la charrue mais des efforts de traction particulièrement élevés. Globalement, l'augmentation de production liée à l'emploi de la culture attelée dépasse les 20 %, l'ensemble semences + engrais + culture attelée atteignant + 60 % et + 100 % sur cotonnier, en ajoutant l'effet du traitement insecticide.

1. DUPONT DE DINECHIN B., MALCOIFFE C., D'ARONDEL DE HAYES J., 1969. Données actuelles sur l'association de l'agriculture et de l'élevage en Haute-Volta. *Machinisme agricole tropical*, 29 : 22-23.

2. VALLÉE G., 1971-1980. *Rapports annuels*. IRAT Mali.

### Cameroun

Le machinisme est pris en compte par la Direction de l'agriculture et du génie rural, notamment dans les secteurs de modernisation. L'IRAT ne développe pas de service spécifique. Pourtant, la traction animale est utilisée sur le dispositif agronomique de Maroua en cultures sèches ; à la station de Toukou (secteur de modernisation et de production rizicole de la SEMRY), Jean-Yves Coré conduit des essais d'introduction de la traction bovine (zébus) très difficiles, compte tenu de la race locale et des sols argileux lourds.

En pays bamiléké (Ouest-Cameroun) et à partir de la station de Dschang, s'engage, entre 1976 et 1978, une collaboration étroite entre l'IRAT, le CEEMAT et la SATEC pour la mécanisation de la plaine des M'Bos, en cours de mise en valeur<sup>1</sup>. Les études vont porter sur la très grosse motorisation pour faire face aux blocs de travaux de durée extrêmement courte dans cette zone de forte pluviosité, sur deux cycles. Le système de production, conçu initialement, est une régie motorisée (MIDERIM puis SODERIM), qui reçoit la mission d'implanter un paysannat expérimental ; d'où l'étude d'une motorisation intermédiaire d'appoint pour équiper les planteurs.

Cette opération est aussi le début du parcours atypique, mais combien productif, d'un chercheur de l'IRAT convaincu de l'importance de la machine, Lucien Séguy. Entrepris en Casamance, en 1968, ses travaux sur la gestion durable des écosystèmes cultivés vont se poursuivre dans la plaine des M'Bos jusqu'en 1980, pour se développer à grande échelle au Brésil, entre 1980 et 1998<sup>2</sup>. Sur un plan plus agronomique, ces travaux montrent comment les techniques de travail du sol venues des pays du Nord peuvent et doivent être adaptées aux sols tropicaux pour en tirer tout le profit agronomique en faveur de la production agricole (simultanément : contention de l'érosion, meilleur enracinement des cultures, moindre pression des adventices, soit globalement une meilleure gestion des risques climatiques et technico-économiques) et également pour réduire de manière significative l'érosion. Apport sans doute des plus importants pour la compréhension du rôle de la machine, L. Séguy rappelle la distinction entre matière organique du sol et effet mécanique de la charrue : « Les meilleures techniques de travail du sol ne peuvent maintenir (même lorsqu'elles sont combinées avec les rotations les plus riches en cellulose et lignine) le taux de matière organique du sol et ne peuvent, en conséquence, permettre la pratique durable de l'agriculture, surtout en conditions économiques limitantes (faibles niveaux d'intrants dont fumure minérale, organique...) ». La machine est une chose, pouvant être positive par son effet physique, mécanique, sur le sol, la matière organique en est une autre, l'ensemble restant à combiner avantageusement... C'est tout l'art de l'agronome.

---

1. SÉGUY L., LE MOIGNE M., AUDEBERT D., DOYEN F., 1977. La riziculture pluviale dans la plaine des M'Bos (Ouest-Cameroun). Méthodologie expérimentale adaptée au développement à court terme. Confrontation des résultats expérimentaux aux conditions du développement. In : *Séminaire Mécanisation des exploitations individuelles des pays chauds*. Journées techniques du Salon de la machine agricole, CEEMAT, Paris, 10 mars 1977, p. 139-196.

2. SÉGUY L., 1998. *Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologiques et durables de la ressource sol, protecteurs de l'environnement, construits sur le fonctionnement de l'écosystème forestier et adaptés aux sols acides de la zone tropicale chaude et humide*. Goiás (Goïania), CIRAD Brésil, 8 p.

En termes de machinisme proprement dit, l'opération des M'Bos permet l'introduction et l'expérimentation de nouveaux matériels extrêmement puissants à transmission hydrostatique (tracteurs quatre roues motrices égales, de 160 à 200 ch, moissonneuses-batteuses) et conduit à une programmation-planning approfondie comparant différents systèmes de production riz pluvial-soja, sur deux cycles annuels, systèmes adaptés strictement à une exploitation industrielle, rodée à des technologies très évoluées. Pour le paysannat est conçue la première version du combiné M'Bos, petit châssis motorisé (motorisation intermédiaire) par René Le Lous.

Les essais de machines agricoles au Sénégal, 1950-1985 (liste non exhaustive)

Opération	Mécanisation	Equipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
Cellule motrice	Motorisation	Tracteurs Fordson Major, MF 65, MF 35	Gamme des 30-70 ch	T	Bambey, fleuve Sénégal Secteur privé	Bambey, SAED, Delta	Oui
		Tracteurs MF 75 et 78	Gamme des 30-70 ch	T	idem	Richard-Toll, Ross Bethio, etc.	Oui
		Tracteurs IH 624	Gamme des 30-70 ch	T	p.m.	Kassak, SAED	Oui
		Renault 96	Gamme des 30-70 ch	T	p.m.	Fleuve	Oui
Propulsion		Semi-chenilles sur tracteur à roues	Gamme des 60 ch et plus	Prototype T	p.m.	IRAT, stations Bambey et fleuve	Oui
		Pneus Dunlop Stabilarge	Gamme des 60 ch et plus	T	p.m.	IRAT, stations Bambey et fleuve	Oui
Cellule motrice	Motorisation intermédiaire	Autofaucheuse Kiva Dalloz	Travaux du sol, récolte	T	Non	Bambey	Puissance ± faible en labour
		Agrale M90T	Travaux du sol	T	Non	Bambey	Puissance/poids faible
		Tracteur TE Bouyer	Toutes façons culturales	T	Faible (SODEFITEX)	Sénégal oriental, Bambey, Niore	Oui, à fiabilité près
Cellule motrice	Motoculteur	Cf. fraisage ci-après					
Travail du sol	Culture attelée	Charrues Bourguignon, Bajac, Gard, Huard UCF, Cockade Ebra Ménakely, Universala, Téchiné	Machines monovalentes pour labour : corps 8, 9, 10 pouces	T	Faible	Sénégal	Oui
		Charrues multicultureurs Arara poutre, Oméga, séries Sine et Greco, Ariana, polyculteur, tropiculteur	Montage sur bâti ou châssis, traction asine et bovine	T	Grande diffusion	Sine-Saloum, Sénégal oriental, Casamance	Oui
		Cultivateur Téchiné	Monovalent simple, dents rigides	T	p.m.	Bambey	Non

(Suite)

Opération	Mécanisation	Equipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
Travail du sol	Culture attelée	Cultivateurs et canadiens U. Fabre, Arara poutre, Oméga, séries Sine et Sine Greco	Montage sur bâtis polyvalents, dents souples et rigides	T	Grande diffusion sauf Oméga	Sénégal	Oui
		Ariana, polyculteur, tropiculteur	Montage de dents souples et rigides sur châssis polyvalents	T	Oui	Sénégal	Oui
Travail du sol en boue	Culture attelée	Rouleau piétineur, herse espagnole	Travail rizière en boue	T	Non	Djibélor	Oui
Travail du sol	Motorisation	Charrue QDSP Huard	4 disques (1/2 portée)	T	Très limitée	Bambey	Oui
		Charrue MF56	4 disques (portée)	T	p.m.	Fleuve	Non
		Cover crop Gard Super Mammouth	Modèle lourd pour sols argileux secs	T	Non (essais)	Fleuve (Kassak et Richard-Toll)	Chenillard nécessaire
		Cover crop Huard OST20	20 disques (trainé)	T	Très faible	Fleuve	Oui
Travail du sol et semis	Motorisation	Semayator modèle T Culture	Rotavator et semoir multirang riz	T	p.m.	Fleuve (Kassak et Richard-Toll)	Oui
Travail du sol (fraisage)	Motoculteur	Kubota K700	Fraise	T	Très faible	Fleuve (Richard-Toll)	Oui
		Kubota KMB200	Fraise	T	Très faible	Fleuve, Bambey	Oui Non
		Staub PP4HB	Fraise	T	p.m.	Fleuve, Bambey	Oui Non
Semis	Culture manuelle	Safil ou semblable (semis à la volée)	Paddy sec	T	-	Fleuve	Oui
		Le Lous	Paddy sec + prégermé	T	Non	Fleuve	±
	Culture attelée	Semoir Cathala	Arachide	B+T	Oui	Cayor, Nord-Sénégal	±
		Semoir Cole	Arachide	B+T	Faible	Bambey	Non
		Semoir Darragon	Arachide	B+T	Non	Bambey	Non
Semoir Ebra Sam 56	Arachide	B+T	Non	Bambey	±		

(Suite)

Opération	Mécanisation	Equipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
Semis	Culture attelée	Semoir Ebra standard	Arachide, mil	B+T	Non	Bambey	Non, cher et lourd.
		Semoir U. Fabre Super Eco	Arachide, mil, sorgho, riz	B+T	Oui	Sénégal	Oui
		Semoir U. Fabre Poly Eco	Arachide, mil, sorgho, riz	B+T	Non	Bambey	Cher, trop élaboré.
		Semoir U. Fabre Super Eco	Riz	B+T	Faible	Casamance, Fleuve	Oui
		Semoir SATEC-SODAICA	Riz	B+T 5 rangs	p.m.	Casamance, Fleuve	Non
		Semoir Le Lous	Riz	B+T 3 rangs	p.m.	Sénégal oriental	±
		Semoir SISCOA Kolda	Riz	B+T 2+3 rangs	p.m.	Sénégal oriental	±
		Semoir Garnier palettes	Riz	B+T multirang	Non	Fleuve	non
		Semoir Garnier ergots	Riz	B+T multirang	Non	Fleuve	Non
		Semoir Nodet cannelures	Riz	B+T 9 rangs	Non	Fleuve	Non
		Semoir Nodet modifié	Riz	B+T 4 rangs	Non	Fleuve	Oui
		Semoir SISCOA	Riz	B+T 3 rangs	Non	Fleuve	Oui
		Semoir Isaria	Riz	B+T multirang	Non	Fleuve	Non
		SISCOA Super Tamba	Coton	B+T monorang	Essais	Sénégal oriental	± à améliorer
		Type espagnol	Coton	B+T monorang	Non	Sénégal oriental	±
Motorisation		Premiers prototypes Bambey rangs jumelés ou non	Arachide	4 à 6 rangs	Non	Bambey	Oui
		MF 37-4	Riz	Multirang	p.m.	Fleuve	Oui
		Isaria	Toutes céréales	Multirang	Non	Fleuve	Complexe

(Suite)

Opération	Mécanisation	Équipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
Epannage engrais Propositions et divers	Culture attelée	Stériculteur SISMAR	Arachide + nématicide	B+T	p.m.	Bambey	±
		Arara	Toutes plantes Fumure fond	B+T	Non, prototype	Fleuve	Effort de traction trop élevé
		Fabre-IRHO	Toutes plantes Fumure minérale	B+T	Oui, importante	Sénégal	Oui
		IRHO, Ebra, Nolle, Poly-Eco, Bariani, SISCOMA	Toutes plantes, nombreuses études et initiatives	B+T	Non	Bambey, Fleuve, Sénégal oriental	±
	Culture manuelle	Safil	Toutes plantes, nombreuses études et initiatives	B+T	Non	Fleuve	±
Binage	Bineuses	U. Fabre, Arara poutre, Oméga, séries Sine, Greco, Ariana, polyculteur, tropiculteur	Dents souples et cœurs de binage ou lames plates de sarclage montés sur bâtis, ou châssis polyvalents	T toutes plantes	Oui, très importante	Sénégal	Oui
Récolte	Culture attelée	Faucheuse à lame Mesko Pologne	Fourrages	T	p.m.	Bambey	±
		Faucheuse Ajuria à lame	Fourrages	T	p.m.	Bambey	±
		Souleveuse Nolle	Arachide	T	Faible	Boulel, Séfa	±
		Cerceaux Darragon	Arachide	T	Non	Bambey	Non
		Lames flèches Arara sur tous multiculteurs polyvalents	Arachide	T 200, 350, 500 mm	Oui, très importante	Sénégal	Oui
	Lames artisanales Firdou Forgerons	Arachide	T	Oui, très importante	Sénégal	Oui, à l'usage près	
	Motorisation	Faucheuse rotative	Fourrages	T	p.m.	Bambey	Oui, usure

(Suite)

Opération	Mécanisation	Equipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
Récolte	Motorisation	Souleveuse Lames de forme flèche	Arachide	T	p.m.	Bambey	Oui
		Ramasseuse-batteuse Lilliston	Arachide	T	p.m.	Bambey	Oui
	Motorisation intermédiaire	Souleveuse-secoueuse Simon	Arachide	T	Non	Bambey	Non
Battage-égrenage	Culture manuelle	Champenois	Mil	B+T	Non	Bambey	Non, défaut revêtement
		Batteuses à pédales, toutes marques, Le Lous	Riz	T	Faible	Casamance (SODAICA), Fleuve, Djibélor	Oui
	Motorisation	Prototypes et BS 1000 (Bambey)	Mil, sorgho	B+T	Faible	Nord-Sénégal, Sine-Saloum	Oui
		Marot Dak II	Mil, sorgho	B+T	Faible	Nord-Sénégal, Sine-Saloum	Oui
		Bamby, Bamba, Bourgoïn	Mil, sorgho, maïs, riz, niébé	B+T B+T	Faible	Nord-Sénégal, Sine-Saloum	Oui Oui
		Schule	Riz	B+T	Non	Fleuve	Oui
		Borga	Riz	T	Faible	Fleuve	Oui
		Colombini 800/R4	Riz	T	Faible	Fleuve	Oui
Frick	Arachide	T	Limitée	Bambey, Sine-Saloum, Casamance	Oui		
Nettoyage	Culture manuelle	Crible de Gambie	Arachide	B+T	Oui	Sénégal	Oui
		Crible du Sénégal	Arachide	B+T	Oui	Sénégal	Oui
	Motorisation	Tarare Pouplard	Céréales	B+T	Non	Bambey	Non
		Prototype tarare Darragon	Arachide	B+T	p.m.	Bambey	Oui
Décorticage	Culture manuelle	De types alternatifs, à balancier, SISCOMA	Arachide	B+T	p.m.	Bambey	Oui, mais fort taux de brisures
		Prototype Pascal	Arachide	B+T	Non	Bambey	Calibrage nécessaire

(Suite)

Opération	Mécanisation	Equipement	Polyvalence	Essais	Diffusion	Site	Adaptation
décorticage	Culture manuelle	SAMF Jochaud	Arachide	B+T	Non	Bambey	Calibrage nécessaire
	Motorisation	FAO Eurafric et décortiqueur conique	Mil, sorgho	B+T	Non	Bambey	Oui, mais usure des battes en caoutchouc
Mouture	Motorisation	FAO Eurafric	Mil, sorgho	B+T	Non	Bambey	Oui
		FAO Turbo Jet 13	Mil	B+T	p.m.	Bambey	oui
Transport	Culture attelée	Charrette Marchand	Equine- bovine 1 t	T	A évaluer	Sénégal	Oui, avec adaptations
		Charrette SISCOMA	Equine- bovine 1 t	T	A évaluer	Sénégal	Oui, avec adaptations
		Charrette Gassama	Equine 400 kg	T	A évaluer	Sénégal	Oui, avec adaptations
		Charrette Gassama	Bovine 1 t	T	A évaluer	Sénégal	Oui, avec adaptations
		Charrette Ematsen	Asine 450 kg et bovine 1 t	T	A évaluer	Sénégal	Oui, avec adaptations

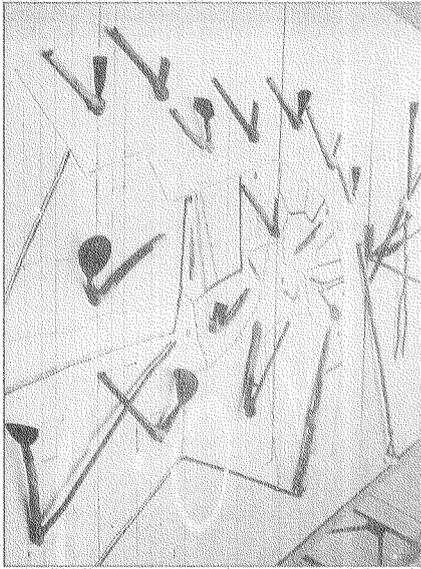
B : essais en poste fixe ; T : essais sur le terrain ; p.m. : pour mémoire.

**Capacité des chaînes de culture attelée, cas du centre-nord du Sénégal**

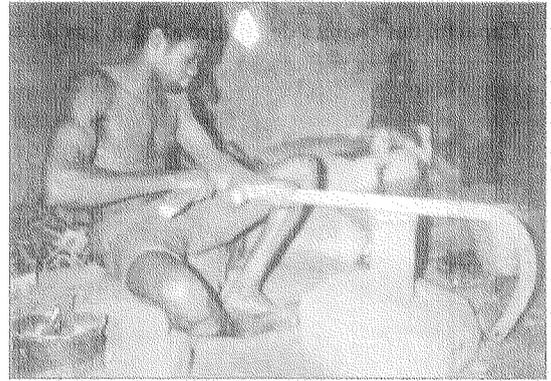
Hypothèses	Assolement : moitié arachide, moitié mil Semis du mil en sec Semis de l'arachide aux premières pluies de 3 jours	
Raisonnement	Prise en compte de l'arachide pour la capacité de semis Prise en compte de toutes cultures pour la capacité de sarclage	
Capacités	Chaîne asine	2 ha arachide 3 ha toutes cultures
	Chaîne équine	3 ha arachide 4 ha toutes cultures
	Chaîne bovine légère	2,5 ha arachide 4 ha toutes cultures
	Chaîne bovine lourde	4,5 ha arachide 6 à 8 ha toutes cultures
Normes traction asine	1 houe occidentale 1 semoir Super Eco 1 souleveuse éventuellement 1 charrette asine	3 ha
Normes traction équine	1 houe occidentale 1 semoir Super Eco 1 souleveuse 1 charrette équine-bovine	4 ha
	1 houe Sine 1 semoir Super Eco 1 souleveuse 1 charrette équine-bovine	4 ha
Normes traction bovine légère	1 houe Sine 1 semoir Super Eco 1 souleveuse 1 charrue 1 charrette équine-bovine	4 ha
Traction bovine lourde	1 Ariana 2 semoirs Super Eco 1 souleveuse 1 charrue 1 charrette équine-bovine ou « grand plateau »	6 à 8 ha

Normes d'équipement, culture attelée, ISRA, 1979, Sénégal.

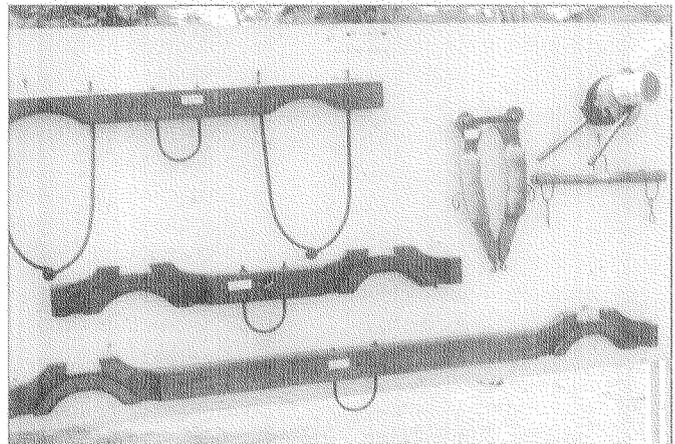
Ces normes ont toutes été établies de la même façon, mais avec des hypothèses adaptées (notamment à la durée des pluies), pour le bassin gambien et pour la Casamance. Les contraintes principales se situent davantage au stade des sarclages pour le premier, des labours pour la seconde. Les surfaces cultivables sont donc légèrement inférieures.



Hall du machinisme, Bambey, Sénégal : les outils manuels d'Afrique de l'Ouest, d'après Maurice Catherinet (1958)

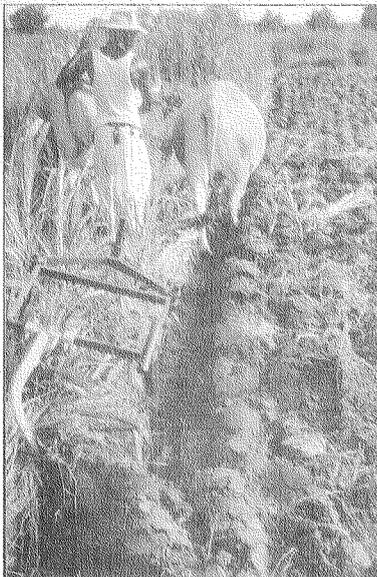


Fabrication d'un age par un forgeron de Bankilon, Kankan, Guinée. (© G. Le Thiec)

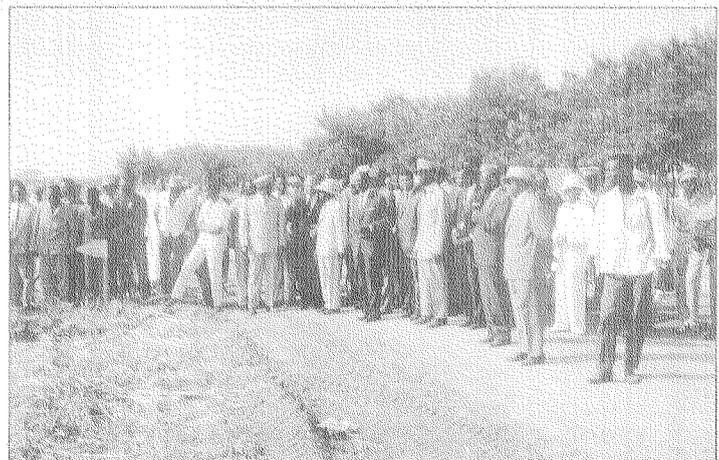


Jougs, colliers, palonnier et poudreuse du Burkina Faso. (© G. Herblot)

144



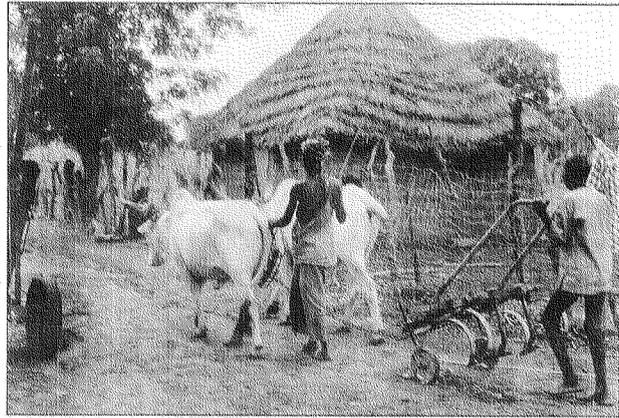
Labour d'enfouissement d'engrais vert avec multicultureur Ariana-Mouzoni Nolle à traction bovine. (© C. Scherrer)



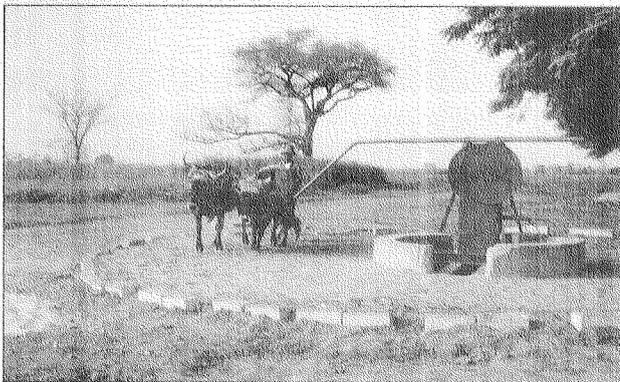
Journées du machinisme, 1963, Bambey, Sénégal : visite des chantiers par le Président L.S. Senghor (avec casque colonial).



*Labour d'enfouissement d'engrais vert avec amorce de repousse de sorgho, 1966. (© G. Pochtier)*



*Jeune femme conduisant un attelage, Keur Moussa Ba. (© G. Pochtier)*



*Mise en œuvre d'un manège à bœufs Briau, exhaure de l'eau au CNRA Bambey, Sénégal. (© M. Le Moigne)*



*Mesure des efforts de traction sur un tropiculteur avec dynamomètre embarqué Richard, CNRA Bambey, Sénégal. (© M. Le Moigne)*



*« La Bicyclette » de mesure des efforts de traction, Bambey, Sénégal. (© M. Le Moigne)*

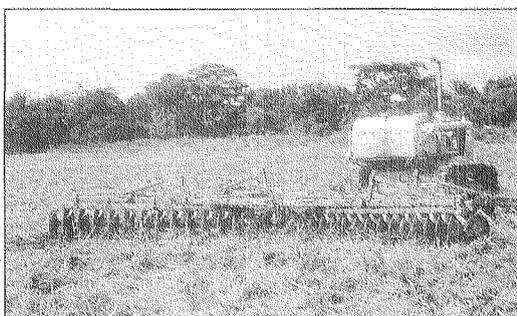


Motorisation intermédiaire :  
tracteur Bouyer, chez un paysan du Mali-Sud,  
1978. (© R. Nicou)



Etude de la récolte motorisée de l'arachide  
Essai d'une souleveuse-secoueuse-andaineuse,  
Sénégal. (© A. Ducreux)

146



Déchaumage lourd du riz avec un Caterpillar  
pulvérisateur X-JD, plaine des M'Bos,  
Cameroun, 1975 (© M. Le Moigne)

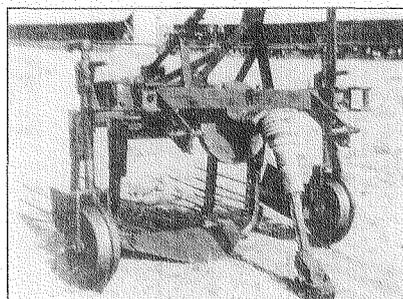


Tracteur Pangolin, projet PMP, Côte d'Ivoire.  
(© M. Ogier)



Coupe de riz pluvial avec une coupeuse-  
andaineuse automotrice conduite  
manuellement, Projet PMP, Côte d'Ivoire.

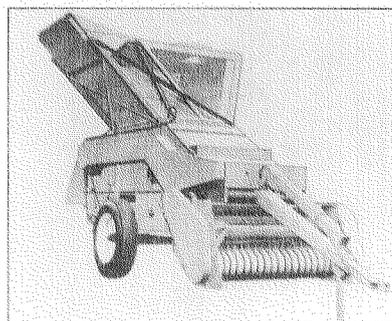
Essai Vandevienne d'une souleveuse-secoueuse-andaineuse  
d'igname, matériel motorisé, Côte d'Ivoire.



## La mécanisation

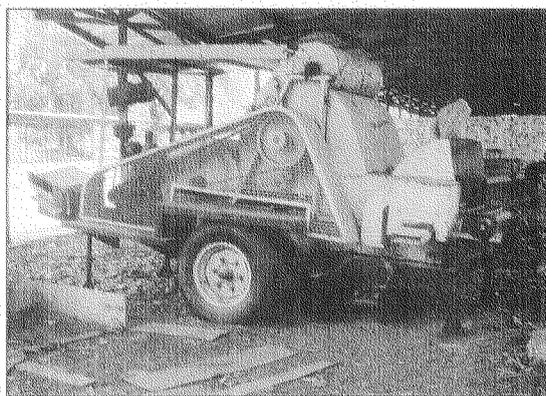


Récolte du riz pluvial avec moissonneuse-batteuse hydrostatique, SODERIM, Cameroun.



Ramasseuse-batteuse d'arachide tractée et animée, par prise de force, Bambey, Sénégal.

Visite du ministre Yvon Bourges à la halle d'essais du machinisme agricole, Bambey, de droite à gauche : L. Sauger, A. Joly, Y. Bourges, R. Nicou, S. Bertrand, M. Le Moigne.



Prototype de batteuse à mil construit par le CNRA de Bambey et par Arara : essai à Guérina-Bignona, Casamance, Sénégal. (© M. Havard)

Séfa, Casamance, Sénégal, 1972, de gauche à droite : Bizard, D. Sène, P. Siband, R. Pirot, J. Le Craz, R. Tourte.





# Les travaux zootechniques

L'augmentation de la productivité des facteurs de production (le sol par les travaux de préparation, les semences par des semis à densité optimale, etc.) et de celle du travail (pour respecter les dates impératives de semis, de récolte, etc.), tout simplement pour rendre possible l'exploitation de surfaces dépassant les capacités manuelles du producteur, nécessite la mécanisation des façons culturales, et des choix concernant l'énergie à mettre en œuvre. Bien que les études sur la mécanisation explorent différents champs du possible, les moyens limités dont disposent les producteurs conduisent les chercheurs et les développeurs à considérer la traction animale comme prioritaire.

Nous avons vu quel était l'effort consenti par l'IRAT pour créer et améliorer les équipements de culture attelée. Il est tout aussi nécessaire de rappeler les recherches menées parallèlement au Sénégal, accentuées à partir des années 1950, pour accroître les performances des animaux de traction notamment bovine, ceci par l'alimentation et, projet plus ambitieux, par croisement génétique.

## **La création d'un service spécialisé au CRA Bambey (Sénégal)**

Rappelons que les premiers travaux de sélection du bétail à Bambey (conformation pour la traction et la boucherie) sont mentionnés en 1927. Des études ont lieu également à Boukoko, en République centrafricaine, après 1954.

« Les recherches de zootechnie-élevage sont généralement, en A-OF, du ressort des services de l'élevage. En fonction des moyens mis à leur disposition, ceux-ci font de leur mieux, notamment dans les zones pastorales, en matière d'hygiène animale et de lutte contre les plus graves épizooties. La séparation

entre les zones pastorales et les zones agricoles étant assez accusée et les ethnies correspondantes différentes, les recherches zootechniques appliquées aux zones agricoles sont actuellement inexistantes ou presque. Force est de reprendre, et notamment dans certains territoires, celles qui concernent les liaisons étroites existant entre l'agriculture et l'élevage<sup>1</sup> ».

C'est pourquoi est créée, en 1958, la section de zootechnie-élevage, rattachée à la section de mécanisation et à celle des essais culturaux au sein de la division d'agronomie de Bambey. Elle entretient les meilleurs rapports avec les services officiels de l'élevage et leurs centres (laboratoire fédéral de l'élevage, CFRT Sotuba, centre d'élevage de Dara). C'est en concertation avec ces divers services, et pour répondre à des besoins spécifiquement agricoles que ces travaux se développent au Centre de recherches agronomiques. Cette section est individualisée lors de la création de l'IRAT, devenant division de recherches zootechniques (SR/Z) du CRA.

## Le dispositif

### Les chercheurs

En 1958-1959, les chercheurs sont ceux de la division d'agronomie : René Tourte, Robert Marchand, plus spécialement Philippe Gaudéfroy-Demombynes pour la sensibilité zootechnique. Des stagiaires de l'ESAT, spécialité élevage, renforcent l'équipe (J.-C. Dubasque et J.-R. Demoulin). En 1961-1962, une nouvelle vague de chercheurs agrozootechniciens prend le relais : Pierre Nourrissat, puis Robert Hamon. La Section d'application de la recherche à la vulgarisation (SARV) appuie également les travaux (Bernard Ruysen, Claude Ramond).

A partir de 1964, Guy Pochtier, chercheur et ancien professionnel de l'élevage, pilote, après Bernard Ruysen, la SARV et va jouer un rôle éminent dans la diffusion des thèmes liés à l'intégration agriculture-élevage, au sein du réseau des PAPEM (points d'appui pour l'expérimentation multilocale), des paysannats pilotes et des Unités expérimentales.

En 1972, arrive Mahawa M'Bodj, cadre national, agropastoraliste. Il va assurer la transition vers le dispositif ISRA, en 1974.

### Programme d'études et recherches

Les recherches plus anciennes couvrent une large palette :

- étude de la croissance des bovins ;
- étude de la physiologie de la lactation par contrôle journalier<sup>2</sup> ;
- sélection d'un animal spécialement destiné à la traction ;
- étude des plantes fourragères et des plantes de couverture ;
- évolution de la composition des fourrages en collaboration avec le laboratoire fédéral de l'élevage de Dakar ;
- étude de la conservation des fourrages (ensilage).

1. Centre de recherches agronomiques de Bambey, 1958. *Note collective*. Bambey, CRA.

2. NOURRISSAT P., 1965. La traction bovine au Sénégal. Expériences du CRA de Bambey. *L'Agronomie tropicale*, 20 (9) : 823-853.

A partir de 1958, les études se concentrent sur l'utilisation de l'énergie animale (outillage, alimentation, choix, dressage...); dans la décennie suivante, les thèmes sont complétés pour répondre aux besoins d'intégration agriculture-élevage : habitat, fabrication et utilisation des fumiers, valorisation des sous-produits de récolte par les animaux, transport des fourrages et du fumier, mise en valeur des jachères pour la pâture, amélioration fourragère du point de vue nutritionnel.

## L'amélioration des races bovines

### La création d'une race mixte « travail-viande »

Trois races existent au Sénégal : le zébu peu! (zébu Gobra), le zébu maure et le taurin N'Dama. Les deux premiers existent dans toute la zone nord du pays, mais ne peuvent travailler dans le sud (trypanosomiase) ; le troisième existe au sud et à l'est, mais il n'est ni assez fort ni assez résistant pour assurer certains travaux, la traction des machines agricoles par exemple. Dans la zone de contact (Sine-Saloum), on trouve un métis naturel, le Diokhoré<sup>1</sup>, dont les caractéristiques morphologiques varient avec la latitude. Mais de très beaux sujets présentent une taille supérieure à celle des N'Dama, des reins et un dos plats, une bosse peu marquée, un train postérieur musclé, des membres courts et puissants... associant ainsi les qualités du Gobra et du N'Dama. De plus, ces animaux se développent bien dans les zones à trypanosomiase.

Ces observations justifient le renforcement d'un programme de métissage déjà ancien (à partir de 1927), basé sur la recherche d'un animal présentant de fortes aptitudes au travail, à la production de viande et de lait<sup>2</sup>.

### La méthode et les critères de sélection

Exposée par R. Hamon, la méthode se résume ainsi :

- un croisement initial : N'Dama x zébu Gobra fournit l'hybride F1 ;
- un croisement de retour F1 x N'Dama fournit F2 ;
- un deuxième croisement de retour F1 x F2 avec un mâle N'Dama.

Le critère majeur de sélection vise à favoriser la relation existant entre le poids de l'animal et la force de traction que peut fournir cet animal. Ceci conduit à retenir et à suivre trois séries de mesures : les poids à la naissance, à huit semaines et à huit mois.

### Les résultats

Le métis de Bambey a une morphologie plus proche de celle du N'Dama que de celle du zébu, mais sa taille est comprise entre celles de ses parents initiaux ; le périmètre thoracique est supérieur à celui du zébu et le poids est beaucoup plus important. Globalement, les résultats se situent entre 480 et 580 kg par animal pour les mâles, 370 et 400 kg pour les femelles, contre 300 kg pour les N'Dama de même âge.

1. LHOSTE P., 1987. *L'association agriculture-élevage. Evolution du système agropastoral au Sine-Saloum (Sénégal)*. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT, 314 p. (Etudes et synthèses de l'IEMVT)

2. HAMON R., 1971. Quelques résultats obtenus en matière d'intégration élevage-agriculture par le CNRA de Bambey. In : *Séminaire Fondation Ford/IITA/IRAT sur le machinisme agricole*, 25-29 janvier 1971. Bambey, CNRA, 24 p.

Ces animaux sont utilisés, en particulier, dans les études du machinisme agricole mettant en jeu les conditions de travail les plus difficiles, pour les mises au point en matière de déformations, de rupture des matériaux, etc., visant à déterminer les gabarits de matériels à ne pas dépasser. Les mesures et observations montrent qu'ils peuvent travailler six heures par jour durant dix à onze ans, la réforme devant survenir vers l'âge de quinze ans. Enfin, l'augmentation des performances concernant la production de viande de boucherie en fin de carrière est un atout économique notable qui permet d'accroître encore la rentabilité de la culture attelée, l'animal se vendant plus cher qu'il est acheté.

Ces résultats ont parfois provoqué les critiques d'experts vétérinaires, les reproches les plus importants semblant porter sur l'importance de l'échantillon et sur la stabilité du métissage (bien que les études se soient poursuivies sur quatre décennies). Il est clair que le centre de Bambey, démarrant ces recherches, n'a ni les moyens, ni le désir de produire et de mettre sur le terrain un troupeau expérimental dépassant largement ses propres besoins. Même si ses propres chercheurs le souhaitent, cela ne relève pas de sa responsabilité. Il lance l'innovation ; pour le reste, il incombe aux organismes responsables (l'élevage, par exemple) de prendre le relais. Il reste que l'élimination complète du troupeau en 1975, par l'ISRA, est regrettable. Mais une voie a été ouverte.

## L'alimentation des bœufs de trait

### La mise au point des rations pour les bœufs de trait

Les rations sont élaborées pour trois situations<sup>1</sup>, repos, travail moyen, travail soutenu, et composées d'herbe naturelle, de foin de qualité moyenne, de fanes d'arachide, de céréales broyées, le complément minéral étant fourni par une pierre à lécher, tous produits fournis localement. Elles sont calculées en termes de poids, d'unité fourragère et de matière azotée digestible.

Les techniques d'engraissement de saison sèche et de saison des pluies sont mises au point avec un double objectif : production de viande et « finition » des animaux de réforme.

Enfin, des études sont menées sur la production fourragère (*Pennisetum pedicellatum*) et pour l'amélioration des prairies naturelles du Centre de Bambey (M. M'Bodj).

### L'habitat des animaux

Des systèmes de stabulation libre basés sur l'utilisation de matériaux locaux et sur la récupération des eaux de pluie sont élaborés. Ces stabulations sont des lieux de fabrication de fumier, les pailles données à brouter et à triturer aux animaux y étant suffisamment piétinées. Ces études sont complétées par celles de Jacques Monnier (cet auteur et ses travaux sont cités dans le chapitre Mécanisation), notamment à Bambey, dans les stations régionales du

1. Voir aussi : TOURTE R., 1962. Le bétail de trait et son alimentation. Un tel élevage est rentable dans les conditions écologiques de Bambey. *L'Agronomie tropicale*, 17 (2-3) : 166-173.

Sénégal, et plus tard en Côte d'Ivoire. Les modèles d'exploitation<sup>1</sup> qui intègrent le thème culture attelée comportent ainsi des enclos couverts pour la stabulation libre des animaux de traction ; les installations permettent leur alimentation avec les produits résiduels de l'exploitation, la récupération et le stockage des pailles après récolte, celle de l'eau, la fabrication du fumier, etc.

### L'impact des travaux

La conduite de l'élevage fait partie du système de production. Il est donc normal que Bambey ait exploré, évalué et mis au point les différents volets de la production animale. Mais son rôle devient déterminant lorsqu'il s'attache à améliorer l'animal sur le plan de la traction. Il devient, dès lors, possible d'envisager la mise au point de techniques culturales ambitieuses pour l'intensification de l'agriculture. C'est le cas, notamment, de certains travaux du sol. La productivité du travail progresse également, certains gabarits de machines pouvant être augmentés.

La liaison zootechnie-mécanisation fait avancer le progrès technique. Ainsi, la mise au point des thèmes lourds proposés à la vulgarisation en dépend pour une bonne part. Avec une formation adaptée, tout ce qui concerne l'évaluation du travail, l'alimentation, l'habitat, les relations avec la production fourragère, la fabrication de fumier..., c'est-à-dire le savoir-faire culture attelée, est directement transférable au développement, avec toutefois une réserve : l'animal lui-même. Il est évident que sa production et sa mise à disposition doivent être relayées par des services compétents, avant de diffuser en milieu rural. Le résultat n'est pas immédiatement disponible.

En 1964, la SATEC (Société d'aide technique et de coopération) est chargée de mettre en œuvre l'Opération productivité arachide à l'échelle nationale. L'encadrement mis en place sur le terrain est massif, à la mesure des enjeux, et les chercheurs de l'IRAT ont pour mission d'informer et de former les « développeurs » de la SATEC dans tous les domaines caractérisant l'agriculture du Sénégal, qu'il s'agisse d'agronomie générale, de mécanisation, de variétés, etc. Pendant plusieurs années, la collaboration se poursuit au fur et à mesure de l'extension de la vulgarisation dans les zones arachidières.

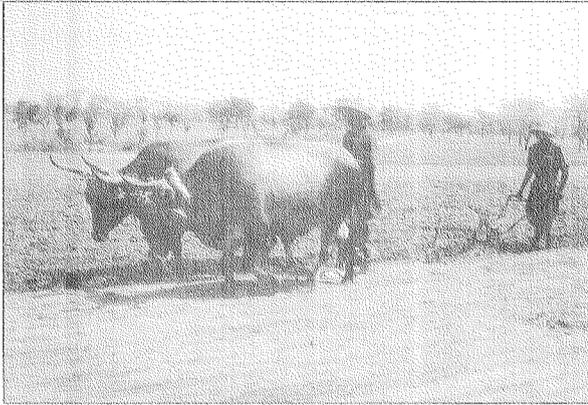
Le cousinage s'avère parfois rude, notamment pour ce qui concerne le choix des animaux de traction. Les développeurs prennent en compte ce qu'ils trouvent chez les agriculteurs : les zébus, les chevaux et les ânes. Ils pondèrent ainsi, de manière pratique, les résultats obtenus avec des animaux souvent plus puissants, en station. Même si la recherche confirme ces résultats en milieu paysan, un écart existe entre prévisions et résultats, qui donne lieu à nombre de débats... animés.

Avec le recul, on constate que la SATEC développe de façon considérable l'utilisation des chevaux et des ânes, ce qui est un succès en matière de vul-

---

1. RAMOND C., MONNIER J., POCTHIER G., TOURTE R., 1970. Application des résultats de la recherche à la définition des modèles d'exploitation. La démarche de l'IRAT au Sénégal. *L'Agronomie tropicale*, 25 (10-11, numéro spécial « Dix années d'activité de l'IRAT ») : 963-972.

garisation. Les premiers sont connus et évalués depuis longtemps. Pour les ânes, les résultats viennent compléter la panoplie des possibilités identifiées par la recherche et sont utilisables, notamment, dans les sols légers au nord du Sine-Saloum. En fait, ils ne remettent pas en cause les résultats de Bambey mais complètent les niveaux d'intensification déjà définis, par une évaluation de la traction disponible (zébus, chevaux, ânes), plus modeste.



Métis Bambey, Fassar et Diabel, les deux animaux les plus puissants produits par le CNRA, 1966. (© Grealou)

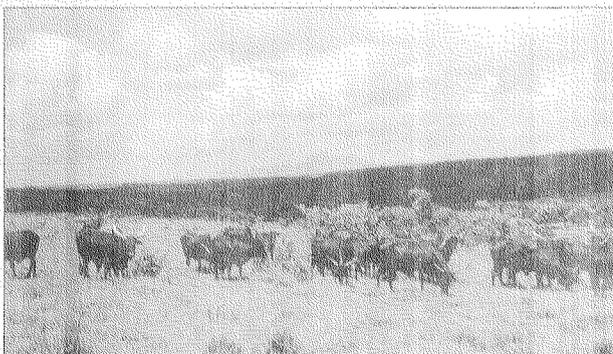


Métis Bambey, bœufs jougués de tête, labour d'enfouissement d'engrais vert avec un multiculteur Ariana Mouzon, Bambey, 1965, Sénégal. (© C. Scherrer)



Chantier de récolte de fourrage : chargement de pailles et de foin secs sur charrette bovine de type Bambey, Côte d'Ivoire. (© PMP Côte d'Ivoire)

Mesure de la puissance des attelages : labour de vieille prairie avec une charrue et trois paires de zébus attelés, Madagascar. (© C. Scherrer)



Zébus Bororo, nord du Cameroun, 1971. (© CEEMAT)

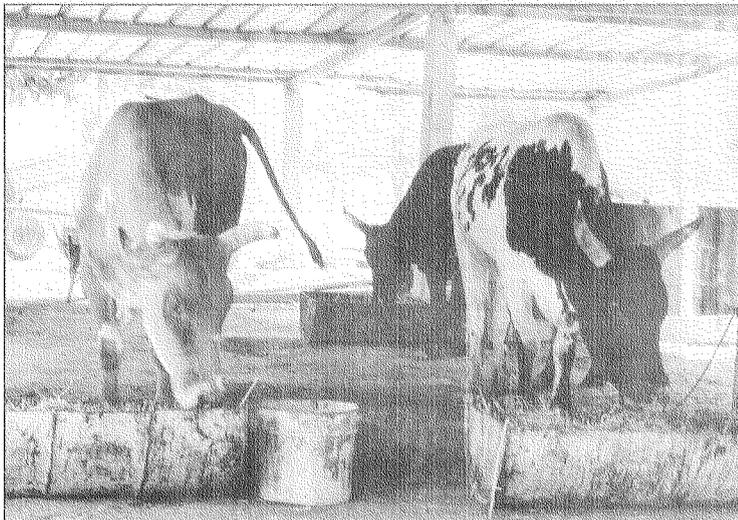


*Stabulation libre :  
modèle Bambey de ferme expérimentale  
installée au CNRA.  
(© A. Ducreux)*

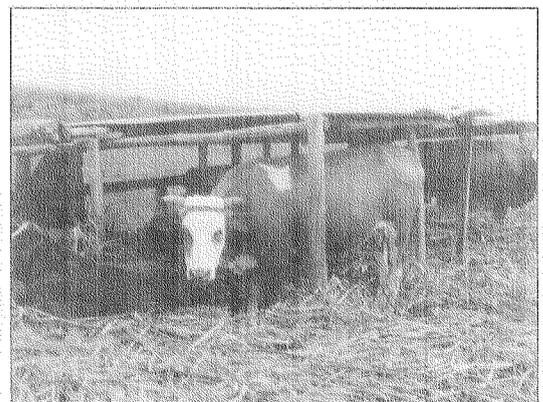


*Stabulation libre au Papem  
de Thyssé, 1966, Sénégal.  
(© C. Pochtier)*

156



*Stabulation libre ou entravée, Côte d'Ivoire.  
(© J. Monnier)*



*Stabulation libre au Bras de la Plaine,  
La Réunion. (© R. Tourte)*

# La valorisation énergétique

## Les premières recherches sur le biogaz

157

### La station de Saria (Haute-Volta), le berceau

C'est au Burkina Faso (Haute-Volta à l'époque) que les premières bulles de biogaz sont produites, à partir de résidus de paille de sorgho mêlés à du fumier de vache. Il s'agit, au départ, de produire du compost devant être utilisé sur le dispositif de parcelles de ruissellement installé par Jacques Arrivets à la station de recherches agronomiques de Saria. Francis Forest, à l'époque ingénieur agroclimatologue au CIEH (Centre inter-Etats d'études hydrauliques), à Ouagadougou, intervient régulièrement sur la station dans le cadre d'un projet d'agroclimatologie financé par le FAC. Un premier digesteur<sup>1</sup> en discontinu est construit en 1976 (près de la cantine) et le biogaz produit sert pour les besoins de la cuisine. Le stockage est assuré par des chambres à air de tracteur. Séduites, les autorités gouvernementales, le CIEH et l'IRAT obtiennent un financement important de la coopération française pour la création, à Saria, d'une unité pilote de production de biogaz constituée d'une batterie de fermenteurs (5 m<sup>3</sup>) en discontinu type CIEH, construits en 1979 à partir de la technique des puits. La mise en œuvre est confiée à Bruno Lidon (CIEH), assisté de Philippe Morant, directeur de la station IRAT de Saria. Parallèlement est poursuivi, à Montpellier, le développement du programme, ceci conduisant, d'une part, à une thèse en génie biochimique de la fermentation méthanogène (Tiga Rigobert Yameogo) et, d'autre part, au lancement d'un programme d'amélioration des performances technologiques de la filière biogaz en conditions tropicales.

---

1. Une cuve munie d'un couvercle métallique amovible qu'on remplit et maintient en fermentation, avec une production de biogaz utile sur 45 jours. Le dispositif en batterie permet d'avoir en permanence une cuve en production, une en vidange et la dernière en remplissage.

### **La conception du digesteur Transpaille**

Avec le soutien fort de Francis Bour, directeur général de l'IRAT, et de René Tourte, directeur de la division d'agronomie à Montpellier, un projet de recherche technologique visant à concevoir un nouveau type de digesteur fonctionnant en continu est présenté à Philippe Chartier, directeur scientifique du COMES (Comité ministériel pour l'énergie solaire) — qui deviendra l'AFME (Agence française pour la maîtrise de l'énergie) et ensuite l'ADEME (Agence pour le développement et la maîtrise de l'énergie) —, puis financé dans le cadre d'un appel d'offres de la DGRST. Le travail de conception de Transpaille est alors engagé en 1981, avec la réalisation de maquettes au domaine de Lavalette, à Montpellier (l'équipe d'agronomes découvre la soudure et la nécessité de se protéger les yeux...), puis la construction d'un pilote en vraie grandeur (25 m<sup>3</sup>) qui est implanté à Vernazobres, près de Bédarieux, sur l'exploitation de M. Tuloup. Suivi par François Plessard, technicien IRAT de retour d'outre-mer, le digesteur fait l'objet d'améliorations permanentes. Après deux années, le concept est opérationnel, Transpaille est né.

### **Le principe novateur**

Il s'agit de traiter d'une manière simple, en continu, des substrats solides dans un cylindre unique. Pour ce faire, le digesteur comprend un cylindre métallique légèrement incliné (5 %), au sein duquel le substrat solide (fumier pailleux) méthanogène est introduit à l'aide d'un bouclier prolongé d'un axe central horizontal mobile muni d'ergots profilés (principe de la queue-de-rat de l'ébéniste, grossie dix fois). La poussée est assurée par un vérin hydraulique actionné par un levier manuel (pompe hydraulique). Sur la paroi du cylindre, quelques ergots fixes sont positionnés. Ils retiennent le substrat lors du retour du vérin et de l'arbre. L'avancement du substrat fermentescible est ainsi assuré par un dimensionnement des équipements, de telle sorte que le transfert, la fermentation et la récupération du biogaz s'effectuent pendant une période de 30 à 40 jours selon que l'on recherche la productivité maximale (1 m<sup>3</sup> de biogaz par mètre cube de cuverie et par jour) ou une récupération maximale du potentiel de biogaz (200 litres de biogaz par kilogramme de fumier sec). Le biogaz est récupéré au droit de la trémie d'entrée, équipée d'une cloison étanche, par écoulement du gaz le long de la paroi supérieure du cylindre incliné. L'introduction du substrat s'effectue, vérin et bouclier reculés, dans une trémie rectangulaire à l'aide de fourches. La charge optimale est de 5 kg de fumier sec par mètre cube de cuverie et par jour. L'évacuation se fait naturellement par expansion et surnage du précompost imprégné de bulles de gaz peu denses, dans une trémie large située à l'autre extrémité du cylindre. Présentée à nos partenaires d'Afrique, une première tranche de Transpaille tropicaux est lancée avec le CNRA de Bambey et, quelques années plus tard, avec l'INRAN, au Niger (périmètre irrigué de Lossa).

En attendant Transpaille, la filière biogaz CIEH fait de la résistance. Si l'option Transpaille fait, en France, l'objet d'une intense activité créative, la diffusion des digesteurs en discontinu du type CIEH est parallèlement poursuivie au Burkina Faso sous l'impulsion du Dr Yameogo, dans le cadre d'un programme national, et au Niger, en collaboration avec l'INRAN. Plusieurs unités sont alors installées en milieu villageois dans les années 1982-1984.

Le bilan de ces implantations en conditions réelles d'exploitation confirme les limites socio-économiques de la filière biogaz en discontinu, en particulier son coût et ses performances (trois digesteurs pour un seul en production) pas assez attractives pour l'utilisateur, malgré une utilisation du biogaz pour l'éclairage (importation de lampes depuis l'Inde) ou pour la petite motorisation en irrigation. Le compost utilisé, après trois mois de finition en tas, en tant qu'amendement, donne cependant des résultats spectaculaires sur la croissance et le rendement de cultures de mil, maïs, sorgho et fourrages : réduction du ruissellement, limitation de l'évaporation (effet mulch) et apport de matière organique. L'avenir agronomique de la filière du biogaz en Afrique semble ainsi dépendre d'une évolution technologique. L'investissement sur Transpaille s'en trouve justifié. L'IRAT décide alors de faire appel à un jeune ingénieur des Arts et métiers, Jean-Luc Farinet, qui est affecté au titre de VSNAT au CNRA de Bambey, sur un financement de l'ambassade de France à Dakar.

### Les débuts de la filière Transpaille-biogaz-compost

#### L'intérêt de la filière du biogaz-compost en zone sahélienne

La valorisation énergétique de la biomasse en zone tropicale a toujours retenu l'attention des experts du fait de l'importance du gisement et des potentialités du climat. Dans les années 1970-1980, de grands schémas théoriques sont proposés pour le Sahel, préconisant le recours massif aux fertilisants minéraux et la production d'énergie par combustion de la biomasse. Il convient, toutefois, de manier ces concepts avec précaution. En effet, le maintien de la fertilité des sols est une condition essentielle à la conservation du milieu. Au sud du Sahara, les conditions climatiques sont favorables à la minéralisation rapide de la matière organique, qui n'est plus remplacée au rythme nécessaire. Sans préjuger des doses à appliquer, on convient déjà, à cette époque, de l'action positive et stabilisatrice d'un recyclage de la matière organique sur le maintien du potentiel de production de la biomasse.

C'est donc en zone sèche que la plupart des efforts se concentrent en matière de développement de la filière Transpaille-biogaz-compost. Outre les arguments précédemment évoqués, sur le plan agronomique, le contexte y est particulièrement favorable du fait :

- d'un climat propice, avec des températures moyennes élevées, permettant le développement spontané de la flore microbienne mésophile active dans les digesteurs (en Europe, 30 à 50 % de la production de biogaz est utilisée pour maintenir le fermenteur en température) ;
- de la cherté des énergies conventionnelles ;
- de la quasi-absence de réseaux de distribution d'énergie et d'une infrastructure routière et ferroviaire peu développée, nécessitant le recours à une production d'énergie décentralisée.

#### L'unité Transpaille-biogaz-compost au CNRA de Bambey

L'Institut sénégalais de recherches agronomiques (ISRA) s'est intéressé de longue date à la filière biogaz-compost, d'abord au sein de la division de biochimie des sols du CNRA de Bambey, puis au sein du programme Valorisation des ressources naturelles. La production de biogaz est consi-

dérée comme une plus-value qui peut motiver les exploitants agricoles pour le recyclage de compost sur les sols cultivés. Des enquêtes sur la disponibilité des résidus de récolte et d'élevage sont entreprises en 1978 et permettent de quantifier les potentialités de la filière biogaz-compost en milieu rural. A partir de 1982, des moyens accrus sont débloqués pour la mise sur pied d'un programme National Biogaz, qui n'a malheureusement jamais vraiment fonctionné.

Toutefois, l'ISRA poursuit ses efforts, avec notamment des essais de plusieurs types de digesteurs en milieu contrôlé ou en milieu réel. Il s'agit d'un modèle de digesteur dérivé de celui développé en Inde (Gobar Gas), d'un modèle de digesteur chinois et d'un digesteur de type zairois construit à partir de fûts métalliques. Ces trois modèles en alimentation continue montrent rapidement leurs limites, en ce sens qu'ils ne peuvent fonctionner qu'en écoulement gravitaire, uniquement à partir de fèces animales liquéfiées. Mais la pratique de l'élevage extensif ne facilite pas la collecte de quantités suffisantes de fèces et l'eau nécessaire à la dilution de ces déchets est un facteur limitant important.

Dans le même temps, les travaux de l'IRAT au Burkina Faso et au Niger montrent que l'utilisation de résidus végétaux et animaux à travers la technique de digestion en discontinu, mise au point par les professeurs Isman et Ducellier, est plus performante et mieux adaptée aux systèmes de production sahéliens, mais qu'elle se heurte à des contraintes de temps de travaux importants, qui limitent ses perspectives de développement.

C'est à partir de ce constat que, en 1982, un projet de recherche IRAT-ISRA relatif à une unité pilote Transpaille au CNRA de Bambey est retenu par le secrétariat d'Etat à la recherche scientifique et technique du Sénégal. Ce projet obtient, en 1983, un financement complémentaire de l'AFME, dans le cadre d'un programme plus global intitulé Production continue de biogaz pour la petite motorisation rurale, contracté par le GERDAT-IRAT.

Le projet démarre en février 1983 et il est coordonné localement par Jean-Luc Farinet, dans le cadre d'une convention signée entre l'IRAT et l'ISRA. Il s'agit d'une petite exploitation agricole implantée sur la sole C du CNRA de Bambey, intégrant les cultures traditionnelles de saison des pluies (mil, arachide), le petit maraîchage irrigué en saison sèche et l'élevage de bovins de trait et d'embouche. Tous les déchets issus de cette exploitation sont valorisés dans un digesteur Transpaille d'une capacité utile de 9 m<sup>3</sup>, pouvant traiter jusqu'à 130 kg de déchets (pailles, fèces) par jour. Le biogaz, stocké dans un gazomètre souple de 10 m<sup>3</sup>, alimente la cuisine dans l'habitation du gardien ainsi qu'un groupe électrogène mixte biogaz/fuel d'une puissance de 6,5 kVA, permettant l'irrigation à partir d'un puits. Après digestion, les effluents subissent un compostage de finition en fosse ou en tas pendant plusieurs mois, avant d'être recyclés sur les cultures.

Cette unité biogaz-compost-irrigation, lancée en septembre 1983, fonctionne à ce jour. Les performances enregistrées en matière de production de biogaz et d'effet du compost sur les sols et les cultures ainsi que les projections en termes socio-économiques feront l'objet de nombreux rapports et publications, dont un rapport d'évaluation en mars 1988. Plusieurs VSN, VAT et de nombreux stagiaires contribuent à bâtir un véritable référentiel technique et

économique, qui sera à la base des opérations de transfert de la technologie Transpaille engagées par la suite en Afrique de l'Ouest, dans le cadre du CIRAD.

Fort de ces avancées technologiques, l'équipe de recherche de l'IRAT se lance dans une nouvelle aventure : l'installation à l'abattoir de Thiès, au Sénégal, d'une unité Transpaille agro-industrielle pour la dépollution et la production d'électricité et de plants en mottes. Mais cela est une autre histoire, qui relève du CIRAD, avec son unité de recherche « gestion de l'eau » et son département Cultures annuelles.



# La transformation des produits

Les premières décisions relatives à la mise en place, au sein de l'IRAT, de recherches en machinisme agricole d'une part, en technologie agroalimentaire d'autre part sont rappelées au début de cet ouvrage. Celles concernant la technologie ne débouchent pas sur la création d'un véritable dispositif de recherche au sein de l'Institut. Pourtant, des travaux se développent outre-mer, d'abord dans le domaine des traitements post-récolte (au champ), puis dans celui des premières transformations de produits agricoles. Dix ans plus tard, un laboratoire spécialisé est implanté à Montpellier. Les travaux sont distincts, les équipes différentes, les chercheurs réalisent des missions outre-mer.

163

## Les recherches

Leurs origines sont antérieures à la création de l'IRAT. Entre 1950 et 1958 existe au CRA de Bambey (Sénégal) un laboratoire de phytochimie et de technologie, chargé du contrôle des produits végétaux et de l'amélioration de leur qualité. Le terme qualité recouvre « la recherche de produits ayant la plus grande valeur tant du point de vue commercial que nutritif » (Note du 6 mai 1958 adressée à Robert Sagot par le Centre de recherches agronomiques de Bambey.)

Le programme de travail confié à ce laboratoire, à partir de 1956, présente des thèmes encore d'actualité. Qu'on en juge : étude systématique de la composition chimique des produits agricoles de la zone soudano-sahélienne, contrôle de la qualité des produits exploités, qualité technologique des produits industriels (amélioration de la teneur en huile, en amidon, etc.), amélioration de la qualité alimentaire, étude technologique (vitamines, phosphore, acides aminés), étude technologique sur la préparation, la conservation et

l'utilisation des produits agricoles (rancissement de l'huile, conservation et préparation des farines de mil...).

Les travaux portent d'abord sur les teneurs en protéines, le rapport Ca/P, la composition alimentaire des doliques, la teneur en acide cyanhydrique et en amidon du manioc. Mais le manque de personnel qualifié pour les analyses contraint le centre à limiter ses ambitions et à sous-traiter avec les laboratoires de Dakar.

### Les travaux post-récolte

Conséquence du manque de moyens ? Réorientations liées à la mise en place de l'IRAT ? La programmation retient d'abord les travaux de récolte, de post-récolte et de stockage des produits<sup>1</sup>. Les études sont confiées à la division du machinisme agricole à partir de 1962. C'est la raison pour laquelle un certain nombre de résultats d'essais figurent dans le chapitre Mécanisation.

#### DE LA RÉCOLTE AU STOCKAGE

- Arachide. La récolte coïncide généralement avec un assèchement rapide des terres, ce qui provoque des pertes importantes par restes en terre. De plus, le risque existe de voir se développer *Aspergillus flavus*, un champignon sécrétant l'aflatoxine, lorsque le séchage au champ n'est pas conduit correctement.

La recherche de machines capables d'accélérer la récolte permet la conception de souleveuses (arracheuses) à traction animale. En motoculture, les essais de la moto-daba-solo Nolle accompagnent l'introduction d'équipements américains, la batteuse Frick, la souleveuse-secoueuse et, plus tard, la ramasseuse-batteuse automotrice Lilliston, qui donnent de bons résultats.

Après le passage de ces engins, il faut brasser manuellement la récolte sur le terrain, la regrouper en moyettes, mettre en andains ou en meules... pour faciliter le séchage des gousses. Une observation méthodique des chantiers permet aux services de l'exploitation de résoudre les contraintes posées en matière d'organisation du travail. Les résultats sont transposables à l'ensemble de la zone arachidière, aux ajustements de calendrier près.

Le nettoyage suit la récolte. Le crible, ancien, dit de Gambie, à commande manuelle, est largement diffusé bien que peu performant. Il est remplacé par le crible du Sénégal (SAMF) équipé de deux trommels (cylindres) de nettoyage, amélioré par le CNRA. Le tarare Darragon, associant plusieurs principes et dessiné par le Centre, est testé parallèlement. Doté d'un ensemble calibrage – ventilation – séparation densimétrique, il permet un nettoyage complet et offre une possibilité de tri par variété<sup>2</sup>. Bien que très supérieur au crible, il n'est pas diffusé par l'office de commercialisation.

Pour l'arachide d'huilerie, le décorticage avant commercialisation n'est pas pratiqué au Sénégal. A la suite des projets de développement de la production

1. BONLIEU A., NICOU R., TOURTE R., 1963. La conservation des récoltes au Sénégal. Essais sur le mil, le paddy, le niébé. *L'Agronomie tropicale*, 19 (1) : 7-44.

2. MAUBOUSSIN J.-C., LE MOIGNE M., 1967. Note sur une technique simple (trriage mécanique) de maintien de la pureté variétale de l'arachide dans la région du Sine Saloum. Bambey, IRAT/CNRA.

d'arachide de bouche, un emballement de la demande pour le décorticage entraîne les essais de divers prototypes (Jochaud, Pascal...) et des fabrications locales (SISMAR). Les résultats sont très insuffisants ; la campagne d'essais conduit, cependant, à une certitude : la plupart des machines présentées fonctionnent correctement si la récolte est calibrée avant le décorticage.

- Riz. Les longues périodes de séchage au champ provoquent le clivage des grains, obligeant à reconsidérer le mode de récolte. Pour réduire la durée des chantiers, des essais de coupe sont conduits ici et là avec une faucheuse japonaise poussée à la main, des faucheuses à traction animale, une machine rotative motorisée. Aucun matériel n'est adapté. Deux résultats positifs sont pourtant obtenus :

- dans le cadre du Projet motorisation paysanne (PMP) en Côte d'Ivoire, avec des petites faucheuses à lame frontale, automotrices, d'origine européenne ou japonaise ; un homme suit la machine et la pilote ;

- au Cameroun, avec le combiné M'Bos de René Le Lous, conçu au sein du projet SODERIM.

Concernant le battage<sup>1</sup> du riz, le choix dépend à la fois de la technique et de la structure d'exploitation. Les essais des batteuses Girard, Colombini, Borga, Schule, équipées de batteurs et contre-batteurs à sabres, très enveloppants, sont engagés. Les résultats sont souvent positifs et les machines performantes, avec des débits allant de 500 kg à 1 tonne à l'heure.

- Mil et sorgho. L'apport du machinisme de Bambey est essentiel, avec la mise au point de la « batteuse à mil », dont il faut retenir les principes, les matériaux utilisés et les performances (voir le chapitre Mécanisation).

### STOCKAGE DES RÉCOLTES

Les premières études sur le stockage sont menées au sein de l'exploitation agricole du CNRA, en 1960-1962, avec l'appui de la division des techniques culturales. Elles combinent des innovations dans la conception de silos traditionnels, le séchage naturel et les traitements insecticides pour la protection des stocks. Les problèmes posés changent lorsque le battage est mécanisé : le stockage ne se fait plus en épis mais en vrac ou en sacs ; les masses sont plus compactes, sensibles à l'humidité, aux attaques d'insectes, etc. A Bambey, la conception des silos change avec l'adoption de silos métalliques ouverts au sommet. Plus tard, on crée des silos en agglomérés autocofrants cintrés (technique béton François Carréras). Dans tous ces cas de figure, l'échelle retenue est celle du groupe de cultivateurs, de la coopérative.

## Les premières transformations de produits

### MIL ET SORGHO

De 1962 à 1965 sont menés des essais de décorticage et de mouture des mils et sorghos avec des décortiqueurs et des moulins Eurafic FAO (constructeur

---

1. WANDERS A.A., 1974. *Compte rendu des tests de la batteuse Schule et de la batteuse de type japonais Yanmar. Compte rendu de test de la batteuse Borga. La récolte et le battage du riz. Projet international et coordonné de recherche sur la mécanisation de la riziculture.* Bambey, IRAT/CNRA.

français)<sup>1</sup>. L'objectif est de remplacer le travail manuel de pilage qui mobilise un temps de travail considérable des femmes ; ce faisant, c'est tout le système de préparation des plats traditionnels (couscous, par exemple) qui est remis en cause et doit être adapté, la préparation devant se faire à partir de farines sèches et non plus de grains pilés après humidification. On quitte les travaux post-récolte pour aborder les transformations agroalimentaires.

Les études sont conduites selon plusieurs axes :

- essais de décortiqueurs cylindriques, puis coniques... jusqu'à ce que l'on maîtrise le taux de décortilage, avec une usure raisonnable des pièces travaillantes ;
- étude des préparations de plats traditionnels adaptés aux goûts de consommateurs wolofs, sérères, etc., à partir de farines sèches issues du décortilage mécanique, en utilisant le savoir-faire des femmes (tests de dégustation avec le concours de ces mêmes femmes...);
- étude de la conservation des farines sèches, traitement contre un *tribolium* (Jean-Georges Pointel) qui attaque les grains avant décortilage ;
- conditionnement en sacs plastique soudés des farines sèches pour mise sur le marché (chaîne de distribution Avion).

Les travaux sur la première transformation des céréales sont nombreux entre 1970 et 1980 (A. Ducreux, R. Piroz, M. Havard). Les initiatives se multiplient avec l'appui du ministère de la Coopération. Les recherches d'ingénieurs canadiens apportent des solutions originales (empilement de disques décortiqueurs) et s'efforcent de rester dans un cadre artisanal.

## Riz

Le choix du procédé de décortilage est fonction du clivage observé et du taux de brisures accepté. Deux procédés fondés sur le frottement entre rouleau et contre-lame métalliques (Engelberg) et entre rouleaux en plastique ou en caoutchouc (procédé japonais) fonctionnent bien, le premier brisant davantage. On assiste à un développement artisanal de la transformationsur le fleuve Sénégal, grâce à de tels équipements et à des rapports de prix intéressants.

Dans les années 80, Michel Havard et Modou M'Bengue (IRAT/ISRA) s'orientent délibérément vers les consommateurs ruraux et le marché, en procédant à des enquêtes sur les filières de transformation à différents degrés de mécanisation<sup>2</sup>. Il s'agit de connaître les itinéraires techniques conduisant de la récolte à la consommation, et leurs caractéristiques, afin de cerner le marché de la consommation.

Cette approche nouvelle en technologie se développe dans plusieurs départements du CIRAD, qu'il s'agisse de la Mission technologie agroalimentaire

1. LE MOIGNE M., 1963. *Moulin décortiqueur Eurafric et prototype de décortiqueur conique*. IRAT/CRA Bambey, 10 p.

1964. *Note sur la transformation des produits vivriers*. IRAT/CRA Bambey, 6 p.

1965. *Note de synthèse sur les essais du groupe décortiqueur-nettoyeur à mil type Eurafric M 164*. IRAT/CRA Bambey, 10 p.

2. M'BENGUE H.M., HAVARD M., 1985. *La technologie post-récolte du mil au Sénégal. Importance relative des filières et des techniques utilisées. Etude des différents niveaux de mécanisation*. Bambey, CNRA.

M'BENGUE H.M., HAVARD M., 1986. *Résultats de l'enquête sur la technologie post-récolte des céréales (mil, maïs, sorgho) dans les régions de Diourbel et Thiès*. Dakar, ISRA, 40 p.

(MITAA)<sup>1</sup>, des laboratoires de technologie (CEEMAT, IRAT puis CA, DSA, plus tard SAR), de certaines ONG.

Il faut souligner que l'approche système développée au sein du GERDAT, puis du CIRAD, favorise un foisonnement d'idées et d'initiatives associant les travaux agronomiques, technologiques et socio-économiques, qu'il s'agisse des producteurs ou des consommateurs, de la nature et du fonctionnement des marchés, etc.

### Le laboratoire de technologie des céréales de Montpellier

Un laboratoire de technologie des céréales est créé en 1974. Il est lié par convention, depuis cette date, au laboratoire de technologie des céréales de l'INRA à Montpellier. Les locaux et les matériels leur sont communs. Les appuis et collaborations scientifiques entre les deux organismes sont assurés en fonction des besoins.

Le premier responsable du laboratoire, Jean-Claude Miche, lance en 1974 une action concertée, financée par la Délégation à la recherche scientifique et technique (DGRST) sur la recherche des meilleures conditions d'utilisation du sorgho par diversification des produits de deuxième transformation. Cette étude fait intervenir six organismes et laboratoires dont le laboratoire de l'INRA associé, autour de trois axes de recherche :

- technologie de pastification, cuisson-extrusion du sorgho, pur ou en mélange avec du blé ;
- biochimie des protéines et pigments ;
- nutrition, étude qualitative partielle des composants nutritionnels.

Les possibilités industrielles du sorgho apparaissent plus clairement après cette étude, mais elles dépendent largement des conditions de fabrication des farines et semoules et donc de l'industrie de la première transformation. En 1978, une autre action concertée DGRST est lancée afin d'effectuer une évaluation comparative des procédés et des équipements industriels de décortiquage des céréales, légumineuses et oléagineux dans le monde. Des industriels et des laboratoires de recherche collaborent à cette étude. Celle-ci conclut qu'il est techniquement possible et économiquement nécessaire de développer des matériels pour décortiquer les sorghos africains à l'échelle artisanale aussi bien qu'à l'échelle industrielle.

Pendant la décennie 1970-1980, le déficit céréalier des pays en développement s'aggrave dramatiquement et, sollicités par la FAO, plusieurs laboratoires étudient les possibilités de substituer le mil, le sorgho ou le maïs au blé importé dans la fabrication de produits de type européen comme le pain, les biscuits, les pâtes alimentaires.

Le laboratoire IRAT entreprend alors, en 1980, deux actions de recherche :

- à la demande de la FAO, une évaluation des réalisations et conséquences des programmes de farines composées dans le monde ;

---

1. Sous l'impulsion de Dany Griffon, Jean-Paul Hébert, Hubert Devautour, dossiers de préparation pour une approche globalisante de la transformation et présentation de l'action thématique programmée (ATP) sur les filières courtes (direction scientifique du CIRAD, CEEMAT, MITAA, 1982).

– de sa propre initiative, une étude approfondie des conditions de fabrication de pâtes alimentaires de sorgho et de pâtes de maïs sans aucune incorporation de farine ou semoule de blé. Ce dernier programme est réalisé en étroite association avec les scientifiques et ingénieurs du laboratoire de technologie des céréales de l'INRA.

Le bilan de l'étude des programmes de farines composées en panification est plutôt négatif, montrant que les connaissances scientifiques et techniques acquises paraissent suffisamment avancées, mais que l'environnement économique international, les politiques céréalières des pays exportateurs et des pays importateurs interdisent tout espoir d'exploitation à grande échelle de ces techniques pour réduire la dépendance alimentaire des pays en développement. Le laboratoire poursuit, toutefois, ses travaux sur la fabrication de pâtes alimentaires de céréales tropicales, modeste marché face à celui du pain en Afrique.

En 1983, J.-C. Miche fait valoir ses droits à la retraite et Jacques Faure lui succède. L'orientation des travaux de recherche appliqués au développement est maintenue, et l'association biochimie et technologie des céréales est renforcée dans le souci de comprendre et d'exploiter les propriétés fonctionnelles des amidons et protéines de ces céréales tropicales. L'équipe du laboratoire est complétée par deux chercheurs : l'un recruté en 1983, après avoir soutenu sa thèse sur l'étude et l'isolement des protéines de sorgho par l'utilisation de sels de sodium d'acides gras, l'autre en 1986, après avoir soutenu sa thèse sur la gélification de l'amidon de maïs modifié thermiquement avec application à la fabrication de pâtes alimentaires de maïs.

Simultanément, sur le plan technologique et grâce à l'appui scientifique et technique du laboratoire de l'INRA, un procédé de traitement hydrothermique des pâtes alimentaires est mis au point pour la fabrication de pâtes de maïs incorporant 30 % de blé et possédant de bonnes qualités culinaires. Des essais industriels seront réalisés en 1987, à Dakar, confirmant les résultats obtenus en atelier pilote à Montpellier. Ce procédé est également applicable aux pâtes de sorgho.

Puis les activités seront axées, d'une part, sur l'appui aux sélectionneurs riz, maïs, sorgho, en leur apportant des méthodes scientifiques qui permettent de caractériser les qualités technologiques et culinaires des grains le plus tôt possible en cours de sélection (méthode d'appréciation de la qualité du têt de sorgho, aptitude au décorticage des sorghos, aptitude à la mouture des maïs, qualité culinaire des riz), autant de méthodes d'analyse à mettre au point ou à simplifier en vue d'une utilisation rapide sur le terrain, d'autre part sur l'amélioration des techniques traditionnelles de transformation par la mécanisation de certaines opérations de fabrication de couscous de maïs, de mil ou de sorgho, produits traditionnels à préparation longue et pourtant très prisés par les consommateurs des villes.

Le laboratoire ne dispose d'aucun collaborateur sur le terrain, mais travaille en collaboration avec les instituts de technologie alimentaire et les centres de recherche des différents pays où l'IRAT intervient, avec ses équipes d'agronomes et de sélectionneurs ; des programmes sont lancés avec l'ITA (Institut de technologie alimentaire) de Dakar, le SRCVO (Service de recherches sur les cultures vivrières et les oléagineux) de Bamako et la faculté des sciences agronomiques de l'université du Bénin, à Cotonou. Une partie du finance-

ment est assurée par le ministère de la Recherche et de la Technologie et par la Commission des communautés européennes.

Cependant, l'intervention du laboratoire est aussi métropolitaine. A côté des demandes d'études formulées par des industriels, par exemple sur la qualité d'utilisation des riz importés, un programme de travail sur quatre ans sera préparé et lancé en 1987, avec le Centre français du riz. Afin d'améliorer les barèmes de traitement selon les variétés, l'aptitude à l'étuvage des riz cultivés en Camargue sera étudiée sur pilote programmable et comparée aux résultats obtenus industriellement par la SICCA France-Riz. De même, les variétés de riz susceptibles d'être commercialement assimilées aux variétés *Indica* seront analysées quant à leurs qualités culinaires de fermeté et de collant, en vue de leur production en Camargue, avec le soutien de la CEE.

Ne pouvant donner ici une liste exhaustive des travaux, on cite, en notes, quelques publications intégrant ces travaux plus anciens<sup>1</sup>.

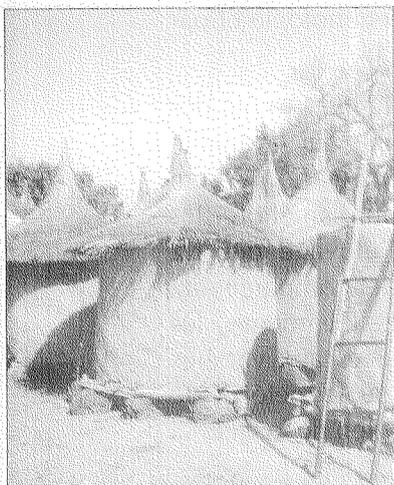
---

1. ALUKA K., MICHE J.-C., FAURE J., 1985. Conditions d'une fabrication mécanique du cous-cous de maïs en Afrique de l'Ouest. *Ind. Agric. Alim.*, (5) : 457-461.

FLIEDEL G., KOBREHEL K., 1985. Studies on sorghum proteins. I. Solubilisation of proteins with soaps. *J. Agr. Food Chem.*, 33 : 303-307.

FAURE J., 1987. The influence of storage on quality criteria of tropical grain. *In : Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Stored Product Protection*, Tel-Aviv, Israël, 21-26 septembre 1986. Edited by E. Douahaxe and S. Navarro, p. 355-384.

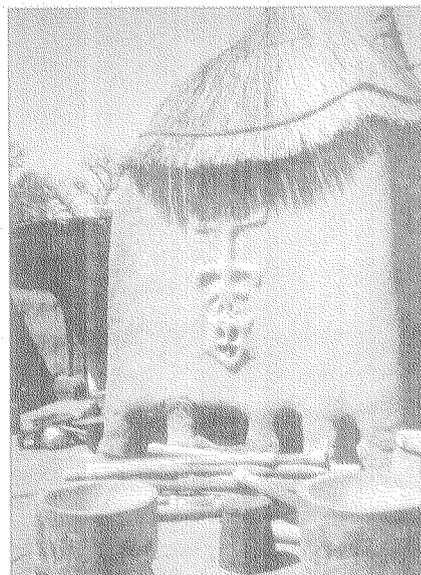
MESTRES C., COLONNA P., BULEON A., MERCIER C., 1986. Structures des gels d'amidon de maïs, obtenus par cuisson, extrusion, cylindres chauffants ou dispersion aqueuse. *In : Cuisson-extrusion*, actes du colloque INRA de Nantes, 16-17 septembre 1986. Paris, INRA, p. 189-196 (coll. Les colloques de l'INRA).



Grenier mossi, Burkina Faso.  
(© J. Chantereau)



Unité expérimentale de Thyssé-Kaymor-Sonkorong :  
récolte et aménagement amélioré du mil, Sénégal.  
(© G. Pochtier)



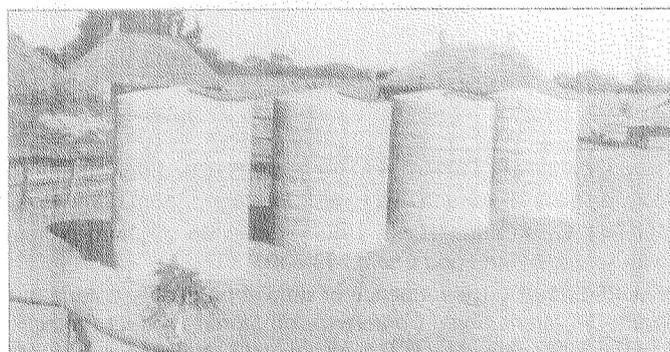
Silos traditionnels  
dogon, Mali.  
(© J. Chantereau)



Silos traditionnels dogon, Mali.  
(© J. Chantereau)



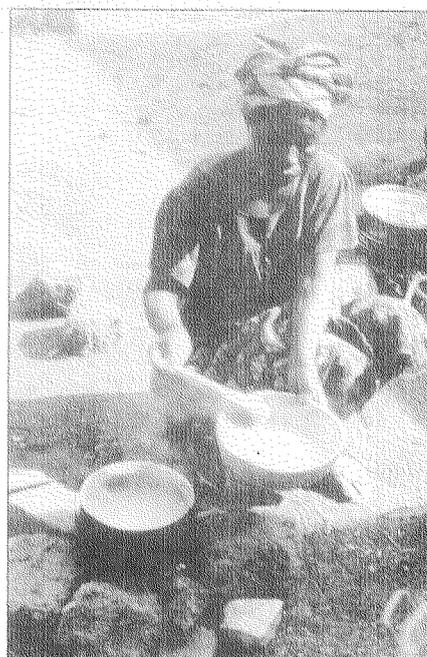
Greniers à mil traditionnels.  
(© J. Chantereau)



Silos construits en parpaings autocollants cintrés (brevet IRAT-  
Carréras), Bambey, Sénégal. (© CEEMAT)



Pilage du mil dans le carré, Sénégal. (© R. Tourte)

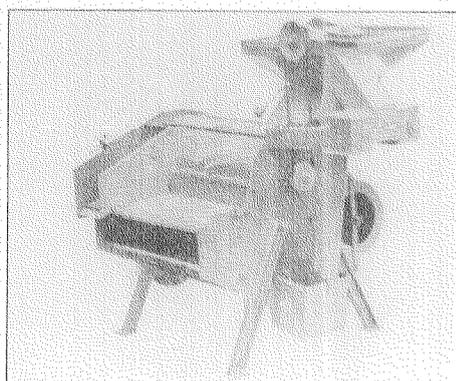
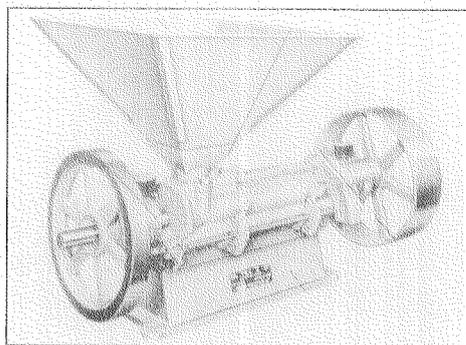


Préparation du tô. (© J. Chantereau)

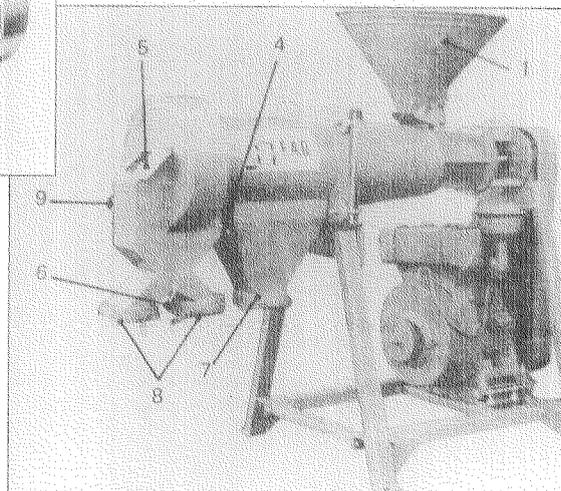


Transformation et cuisson traditionnelles du manioc, Haïti. (© R. Tourte)

Décortiqueuse à riz motorisée, Sénégal. (© CEEMAT)



Egreneuse motorisée Bamby pour maïs et sorgho. (© CEEMAT)



Décortiqueur à mil et sorgho Eurafic-FAO, modèle motorisé conique, Bambey, Sénégal. 1 à 4 : trémie, décortilage, tri. 5 à 9 : nettoyage, ensachage. (© CEEMAT)





# La recherche-développement



# L'économie

Évoquer la saga de l'économie à l'IRAT, c'est évoquer des aventures humaines, scientifiques, institutionnelles dont les rapprochements sont riches d'enseignements pour la conduite des institutions d'aujourd'hui, de leurs programmes et de leurs hommes (et, de plus en plus, de leurs femmes). La préoccupation économique est inscrite, dès l'origine, dans l'organigramme de l'Institut, où apparaît un Service des études économiques et de l'application de la recherche, sous la responsabilité de Henri Lefébure. C'est ensuite, à l'échelon central, à Pierre Silvestre qu'incombe la tâche de développer cette dimension, en tant que responsable de la division d'économie rurale et des applications. Mais l'organigramme ne suffit évidemment pas pour délimiter le sujet. Au-delà de ce qui s'est d'emblée affiché comme économique, il convient d'ajouter tout ce, et tous ceux qui s'intéressent explicitement à l'exploitation agricole, à son identification, sa modernisation, sa gestion, ses performances.

Cet objet, l'exploitation agricole, n'est pas qu'économique, mais s'y rapporter peut s'avérer plus efficace que la référence, trop générale, aux systèmes de production. Les grands enjeux et étapes de l'économie à l'IRAT peuvent être résumés comme suit.

## **Le service des études économiques, de 1964 à 1974**

Ce service, première composante explicitement économique de l'IRAT, repose sur Bernadette Badinand et Jean-Paul Arnoud, installés à Nogent. Leur activité est très liée à la revue *L'Agronomie tropicale*, dont ils alimentent la rubrique Informations économiques. Les études publiées concernent avant tout les produits essentiels que sont le sucre, le riz et l'arachide, mais aussi la tomate, l'oignon, le poivre, etc. De façon complémentaire, en accompagnement du déploiement géographique de l'Institut, des synthèses économiques

par pays sont réalisées. Le service est malheureusement supprimé en 1974, alors que des services analogues, également en connexion avec leurs revues, perdurent dans les autres instituts, et que leur fusion dans un service commun du GERDAT est envisagée dans les années 1980.

## De l'agronomie-système à l'agro-économie

La grande tradition qu'on peut qualifier, *a posteriori*, d'agro-économie a été amorcée par des agronomes préoccupés par l'intensification et la diversification des systèmes de production. Ceci les amènera à la fois à sortir des stations expérimentales et à s'intéresser aux unités de production : les exploitations agricoles. Au Sénégal, sous l'impulsion de René Tourte, Jacques Monnier, particulièrement concerné par les questions de mécanisation et de temps de travaux, établit, en complément des « structures d'exploitation » (fermes modèles gérées par lui et installées dans plusieurs stations), un réseau de « correspondants-paysans », en liaison avec le système d'expérimentation multilocale géré par Guy Pochtier. Ces paysans sont des agriculteurs « de pointe », responsables d'exploitations de taille supérieure à la moyenne et bien équipées. C'est en prenant en compte leurs contraintes que J. Monnier et F. Plessard conçoivent un polyculteur à grand rendement, en traction bovine, qu'ils expérimentent chez ces paysans. Ces paysans sont les premiers interlocuteurs des chercheurs agronomes en milieu rural.

Simultanément, Claude Ramond, plus porté vers les suivis d'exploitation (et de leurs parcelles) et fort de ce qu'il a appris en travaillant avec un collègue géographe de l'ORSTOM, André Lericollais (qui prépare sa thèse chez les Sérères, près de Bambey), s'intéresse davantage à la diversité des exploitants, à leur niveau d'équipement en matériel et en traction ainsi qu'à leurs pratiques culturales au sein des parcelles. Dès 1968, il met en place, sur chacune des Unités expérimentales, des panels de « carrés suivis ». Les données ainsi recueillies vont alimenter des analyses annuelles sur la diversité et les facteurs du rendement, puis pluriannuelles sur la diversité des trajectoires de modernisation suivies par ces carrés. Ce dispositif est étendu à trois autres terroirs du vieux bassin arachidier, dans le cadre du suivi-évaluation du projet dit Thiès-Diourbel, en 1975. Dans leurs tâches, J. Monnier et C. Ramond sont secondés par plusieurs VSN, dont H. Tardieu, P. Talibert, G. Tournu, Denis Albenque Yves Gorgeu.

Après le départ de Bambey de J. Monnier, l'intégration de l'élevage dans les structures d'exploitation et le suivi d'éleveurs sur le terrain sont réalisés par Edmond Tchakerian, qui peut ainsi établir des références précieuses quant aux possibilités et modalités d'intégration des élevages bovins et de petits ruminants, dans les exploitations dominées par l'arachide.

Très tôt, pour parfaire les connaissances acquises sur le fonctionnement des exploitations et pour mieux évaluer leurs possibilités et contraintes de progression, le recours à des modèles calculés est entrepris. Pour la construction et l'utilisation de premiers modèles de simulation informatisés, les appuis principaux viennent de l'INA-PG, à Grignon (Jean-Marie Attonaty et Jean Hautcolas). C'est ainsi que les cartes perforées de CESAR (compte d'exploita-

tion sans animaux rénové), ou encore de SABRICOL, pour l'étude du travail, font leur apparition au Sénégal, dans les années 70. A la même époque, H. Tardieu, en bon polytechnicien, réalise les premières analyses factorielles sur les carrés suivis.

Cette école sénégalaise ne manque d'ailleurs pas — avant même d'être bien établie — de contaminer Madagascar, par le truchement de Guy de Haut de Sigy, qui a fait ses premières armes au Sénégal en 1962, comme stagiaire ESAAT, dans le cadre du projet Thiénaba. Il va partir conquérir les hautes terres malgaches (jusqu'au repli de l'IRAT) et bien d'autres terrains. En 1973, il apporte son appui aux Unités expérimentales en matière de suivi budgétaire des ménages paysans.

A Madagascar, la flamme est ranimée, en 1976, par J. Monnier, qui passe du bassin arachidier du Sénégal au Moyen-Ouest malgache et au lac Alaotra. Puis, en 1980, il quitte Madagascar pour la Côte d'Ivoire et la motorisation de son agriculture. Au fil des ans, ses travaux de recherche-action privilégient de plus en plus l'action et ce à une échelle de plus en plus significative, en passant de quelques paysans du bassin arachidier à un projet régional en Côte d'Ivoire.

### De l'agro-économie à la socio-économie

S'intéresser à l'exploitant agricole d'Afrique subsaharienne amène rapidement à se préoccuper de son insertion dans la société locale, à passer du système d'exploitation au système social. Pour ce faire, les agroéconomistes reprennent les schémas des géographes travaillant dans les mêmes zones (Paul Pélissier) et s'ouvrent aux anthropologues et sociologues dont l'un d'eux (Bernard Venema) est intégré dans l'équipe initiale des Unités expérimentales.

C'est l'époque où les géographes ruralistes, sous la houlette de G. Sautter et P. Pélissier, réalisent systématiquement des monographies qui vont enrichir la collection de l'*Atlas des structures agraires*. Il est certain que leur fréquentation — *in vivo* ou *in libro* — a inspiré plus d'un agroéconomiste, établi ou en devenir. D'ailleurs, en 1978, la diversité de ces points de vue et approches se manifeste lors d'un colloque organisé par l'ORSTOM à Ouagadougou, à l'intitulé suivant : « Maîtrise de l'espace agraire et développement en Afrique tropicale : logique paysanne et rationalité technique ».

Quant à B. Venema, futur professeur à l'université d'Amsterdam, il est introduit, au Sénégal, par l'un de ses compatriotes hollandais, à teinture socio-économique reçue également à Wageningen, Paul Kleene. Le recrutement de ce dernier est à mettre, pour l'anecdote, à l'actif de la proximité des sièges parisiens de l'IRAT et de la SATEC. Venu postuler à la SATEC, en redescendant, il s'est arrêté par curiosité à l'IRAT. Il a été si promptement envoyé sur Bambey, en plein mois d'août, qu'il a dû trouver un taxi pour aller de l'aéroport de Dakar à Bambey-ville et achever son périple en calèche : une arrivée digne de la profession et des jeunes des années 1968-1969.

P. Kleene travaille de 1969 à 1974 comme agro-socio-économiste coordonnateur du projet Unités expérimentales (UE) auprès de G. Pochier. En 1975,

il rejoint l'Institut royal des tropiques de son pays natal pour aller, dans le sud du Mali, diffuser l'esprit des UE. Deux préoccupations majeures l'animent déjà : peut-on transposer la notion d'exploitation agricole ? Comment peut-on conseiller les paysans, faire du conseil de gestion ?

B. Venema, de son côté, achève une thèse, en 1978, sur les structures sociales des Wolofs du Saloum dans un contexte de développement. Quant à son enquêteur interprète, Mamadou NDiaye, il va désormais être appelé NDiaye Venema par les paysans des UE.

Les loups étant désormais dans la bergerie, leur nombre s'accroît avec le recrutement de Jacques Faye, urbain de Dakar et Gorée, sociologue des HLM de Dakar, qui se reconvertit fondamentalement pour aller se consacrer au foncier agraire et à son remembrement, qu'il réussit à mener à bien, à l'échelle de l'unité de Thyssé-Kayemor. Cette recherche-action d'un genre nouveau sera, d'ailleurs, couronnée par une thèse. Lorsqu'il l'a recruté, R. Tourte avait promis à J. Faye l'érection d'une statue s'il réussissait, mais il avait quitté le Sénégal avant l'achèvement du remembrement...

J. Faye reprend, ensuite, la responsabilité du projet UE, puis, plus tard, celle du département système de l'ISRA, et encore plus tard la direction générale de l'ISRA. En corollaire du remembrement, pour étudier les aménagements antiérosifs, c'est un professeur de géographie dissident, Madiké Niang, qui est recruté par le projet. Lui aussi sera, un temps, directeur général de l'ISRA.

## Une école de pensée est née

Améliorer les performances des exploitations agricoles, grâce à l'amélioration foncière et à la mécanisation, a ainsi conduit à des façons de voir et de faire, partagées par une diversité de chercheurs, d'ingénieurs, de scientifiques. Au-delà des personnes déjà mises en scène, il convient d'ajouter Yves Bigot, compromis dès les débuts du projet UE par des missions d'appui, notamment pour l'analyse des données concernant les carrés suivis, avant d'aller développer une nouvelle branche à Bouaké en terres cotonnières, à partir de 1975. Il est là fortement influencé par une géographe de l'ORSTOM, Jacqueline Peltre-Wurtz. Ensuite, il ira réinvestir les hautes terres malgaches, de 1986 à 1991.

Dans la même dynamique, un dissident de l'Institut français du café et du cacao (IFCC), en Côte d'Ivoire, Michel Benoit-Cattin, ayant rencontré les pionniers de l'IRAT à Montpellier en 1972, est venu les rejoindre à Bambey en 1974 où il va rester jusqu'en 1978, année de sa mutation sur Montpellier. Depuis cette position de repli, il coordonne et mène à son terme un bilan collectif du projet Unités expérimentales, une somme de cinq cents pages richement illustrées, tout en participant à la promotion du futur département DSA. Mais il s'intéresse aussi à Madagascar et à la réhabilitation des petits périmètres irrigués... A noter aussi que son premier terrain africain fut commun avec un anthropologue, Jean-Pierre Chauveau, et un géographe, Jacques Richard, tous deux de l'ORSTOM.

Les connexions continuent donc à se tisser entre le bassin arachidier sénégalais, Madagascar et les zones cotonnières de Côte d'Ivoire. Elles s'étendent ensuite aux zones forestières du Cameroun, avec Alain Leplaideur, et de Côte

d'Ivoire, avec François Ruf qui prend le relais de Michel Benoit-Cattin (après un intérim de deux ans par un enseignant de Dijon, Pierre de la Vayssière). Dans ces écologies forestières, ce sont les petits planteurs de cacaoyer et de caféier qui retiennent leur intérêt : la gestion des plantations de culture pérenne implique la prise en considération des structures sociales et foncières, ainsi que celle des cycles de vie des planteurs, comme des arbres (pour résumer à l'extrême les théories de François Ruf).

Au Cameroun, dès son arrivée en 1975, A. Leplaideur bénéficie de l'expérience locale de J. Weber, économiste de l'ORSTOM, puis s'aventure dans les méandres de la modélisation mathématique et informatique avec un modèle dit « 3C » (pour Cameroun centre-sud et cacaoculture, et non parce qu'ils s'y sont mis à trois...). Tous ces chercheurs, ces individualités, leurs terrains et leurs expériences, leurs relations avec leurs collègues de l'ORSTOM, constituent l'essentiel des fondements de l'agroéconomie de l'IRAT et du GERDAT.

### L'exploitation, point focal, et sa gestion

C'est au niveau de l'exploitation agricole que les différents spécialistes se sont rencontrés en confrontant et en enrichissant leurs points de vue. Alors que J. Monnier prodiguait du conseil individuel à ses correspondants-paysans, P. Kleene se préoccupait d'identifier les centres de décision dans le carré wolof, J. Faye et M. Benoit-Cattin explicitaient les droits et obligations au sein de ce même carré, A. Leplaideur identifiait l'unité paysanne de production, etc.

En outre, au-delà de ce collectif, se sont joints les agronomes plus « développeurs », souvent issus de la SATEC, qui ont travaillé avec leurs collègues agro- et socio-économistes aux méthodes d'identification et de conseil aux exploitants agricoles. Ainsi, Jean-François Richard puis Charles Bajard, en tant qu'agronomes du projet Unités expérimentales, ont contribué à l'élaboration et à la pratique du conseil de gestion aux exploitants, dans le cadre d'un travail collectif et interdisciplinaire particulièrement fructueux.

Au cours d'un séminaire GERDAT tenu à Bambey en janvier 1974, le Pr Louis Malassis, alors conseiller scientifique du GERDAT pour l'économie rurale, propose de mettre tout le monde d'accord en invoquant, pour l'exploitation, le concept « d'unité socio-économique de base ». L'usage fait que l'exploitation est tantôt agricole, tantôt paysanne, tantôt familiale...

### L'intégration dans les systèmes agraires

Les liens scientifiques entre agronomes des systèmes de production, sociologues du foncier, géographes des aménagements, économistes des exploitations et des marchés agricoles vont, en englobant les exploitations, s'exprimer, *in fine*, en termes de systèmes agraires. Il s'agit d'un aboutissement scientifique et institutionnel de cette démarche pluridisciplinaire construite sur des terrains et au rythme des rencontres annuelles des séminaires GERDAT coordonnés par la MESRU (Mission économie et sociologie

rurales), créant de nombreuses osmose avec des collègues économistes, géographes, agronomes et anthropologues, essentiellement de l'ORSTOM.

L'IRAT a ainsi été le berceau d'une nouvelle catégorie de spécialistes, plus ou moins autodidactes, mais qui ont su s'inspirer de leurs homologues de l'ORSTOM (géographie, anthropologie), ou mobiliser les appuis de leurs collègues de l'INRA (l'exploitation, sa gestion et sa modélisation). Les plus jeunes ont eu à cœur et ont réussi à faire valider leurs méthodes et leurs résultats par l'académie, sous forme de thèses en économie ou géographie.

Ces agroéconomistes ont, dans l'ensemble, manifesté un certain activisme, en premier lieu au sein du GERDAT, au sein du groupe de travail économie rurale parrainé par le Pr Malassis puis animé par Bernard Simon et Jean Chataigner, ensuite dans le cadre de la MESRU du CIRAD, pilotée par leur collègue de l'IRCT, Georges Raymond. En France, ils ont participé au groupe AMIRA (Amélioration des méthodes d'investigation en milieu rural africain), rassemblant chercheurs des sciences sociales, statisticiens de l'INSEE Coopération, etc.

Sur le plan international, leur implication a été systématique dans les manifestations qui ont jalonné l'émergence d'approches analogues : IITA à Ibadan en 1968, ICRISAT à Hyderabad en 1974 et 1979, IRRI en 1981, IFPRI en 1983, etc.

# Du thème au système, de l'application à la vulgarisation : la recherche- développement

« Je parle ici au nom des paysans [...]. Ils m'ont chargé de vous dire qu'ils ont pris conscience qu'on leur avait transmis des connaissances qui n'ont rien à voir avec leur expérience, qu'on dépose en eux ces connaissances comme s'ils étaient des jarres. C'est pour cela que les paysans ne peuvent pas parler parce qu'on leur a appris seulement à réciter et à répéter [...]. Déjà quand il est petit, le paysan reçoit une idée erronée de la personne humaine, parce que l'éducation lui montre comme idéal la commodité, la richesse et la sécurité. En voyant que jamais ils ne vont avoir ça, dans le cœur des paysans il y a frustration [...] ».

Les paysans ont découvert que leur éducation est mensongère parce qu'on leur enseigne l'histoire des vainqueurs et pas celle des vaincus [...]. On leur parle d'indépendance, mais on ne leur permet pas de parler du manque actuel d'indépendance et de l'oppression dont ils souffrent [...]. On ne parle pas des vrais problèmes des paysans. On leur donne le complexe d'infériorité, de dépendance, de pessimisme, en écrasant en eux la capacité de penser et de décider par eux-mêmes, ils sont toujours « autres ». Ils sont un mélange de la pensée et des intérêts de leurs dirigeants politiques, des commerçants, des notables. Tous ont aliéné les paysans [...].

Cette description est celle des paysans que tout a déformé : l'Église, l'État, et vos pays riches ; c'est-à-dire tout ce qui a été fait comme plans pour éduquer les paysans en leur donnant des choses importées d'ailleurs, sans penser que les paysans ont des trésors dans leur cœur. Ces trésors sont simples, avec saine allégresse, dans le sens de l'hospitalité et de la réalité, avec une grande intuition. Aussi, s'ils ne peuvent pas l'exprimer, ils sont moins aveugles pour connaître les infirmités du monde. Ils n'ont pas de salaires, ni des intérêts obscurs qui les lient ou les aveuglent. Ils sont plus libres. Aussi leur souffrance leur a donné un profond sens d'humanité [...].

Si tous les jours nous piétinons une terre, c'est stupide de se fâcher si, dans cette terre, il ne pousse rien. Ceci, c'est ce qu'on fait avec les paysans. Beaucoup de personnes de bonne volonté aident à former des instruments dociles et utiles au service de l'argent d'un petit groupe et, dans ces personnes de bonne volonté, il y a tous ceux qui, chaque année, dans les divers pays, aident avec une aumône aux pays sous-développés [...].

Je vous apporte un message des paysans qu'ils m'ont demandé de vous communiquer : si vous voulez nous aider, nous vous remercions de tout cœur, mais nous ne voulons pas que votre aide nous apporte aussi le conditionnement dans la façon dont nous devons nous libérer. Nous voulons être les acteurs de notre propre libération [...]. »<sup>1</sup>

### Un préambule, un dessein, une doctrine ?

Cette dernière partie de l'histoire de l'IRAT aurait pu s'intituler : « La longue marche du chercheur vers le producteur ». Elle est annoncée comme l'une des orientations majeures de la politique de l'IRAT dès sa création.

« L'IRAT est un institut de recherche appliquée [...], se situant entre la recherche fondamentale et la vulgarisation ». Ceci implique :

– d'une part, d'entretenir des liaisons « étroites et confiantes » avec d'autres établissements, conduisant des recherches thématiques et disciplinaires approfondies, tels les universités, l'INRA, l'ORSTOM (actuel IRD), le CNRS, les autres instituts du GERDAT-CIRAD..., ce qui n'exclut évidemment pas, et de nombreux exemples en sont donnés dans les pages qui précèdent, que l'IRAT participe lui-même à ce type de recherches ;

– d'autre part, « d'établir une relation étroite entre la recherche appliquée et l'action de développement et de vulgarisation ». Cette relation suppose des rencontres, voire des actions communes sur le terrain, avec les organismes de vulgarisation, afin que se produise « un phénomène d'action et de réaction profitable aux deux parties [...], un dialogue extrêmement fécond. »

« La raison ultime de la recherche appliquée est [en effet] l'utilisation pratique de toutes connaissances nouvelles. »

Institut de recherche appliquée, l'IRAT est, aussi, « instrument de la coopération technique au service des Etats qui demandent son intervention ». De cet engagement découlent, en fait, pour l'Institut, deux obligations statutaires, conceptuelles et morales :

– celle d'inscrire ses programmes dans les politiques de développement que ces Etats élaborent au bénéfice de leurs populations rurales, sur le plan national, régional, local ;

– celle « d'apprécier, dans le milieu réel, la transformation que subissent, au contact des hommes et d'une nature dans son état brut, les résultats des essais entrepris en champs expérimentaux. »

1. Extraits de l'intervention de N.B. (Amérique latine) à l'Assemblée des chrétiens, Lyon, novembre 1973, cité par *Techniques et développement*, janvier-février 1974 (éditorial).

Cette évaluation *a posteriori* des produits de ses recherches implique, *de facto*, la présence d'agents de l'Institut auprès des utilisateurs finals de ces produits, les exploitants agricoles, les paysans.

En d'autres termes, et en résumé de ces quelques citations des responsables de l'IRAT, Daniel Pépy, président, et Francis Bour, directeur général<sup>1</sup>, l'IRAT entend contribuer et participer directement à l'émergence d'un développement rural authentique, que seule peut permettre la confluence de trois courants fondamentaux : les options et décisions politiques, les logiques et dynamiques rurales et paysannes, les processus de création, d'innovation technologiques et de diffusion de leurs résultats.

S'agissant, en particulier, de ce dernier courant, il est, à la naissance de l'IRAT, encore représenté par le vieux couple recherche-vulgarisation, qui, depuis près de dix lustres, fait chambre à part, l'un dans sa station-tour d'ivoire, l'autre dans son domaine réservé, le terrain d'application. Et les scènes de ménage sont fréquentes, bien que, depuis l'espace d'une décennie, s'amorcent certains mouvements de conciliation.

En fait, la séparation des compétences et la division des tâches sont la règle encore quasi intangible :

- la recherche conçoit et fonctionne dans ses centres et stations, y demeure volontiers, et y partage ses principales activités entre ses disciplines fondatrices, à savoir l'amélioration des plantes, l'agrobiologie, la protection phytosanitaire, et quelques essais de techniques culturales ;
- la vulgarisation s'attribue, pour sa part, le monopole des choix et moyens de diffusion sur des « thèmes » à proposer au monde rural et des interventions en campagne. Elle relève de services administratifs sectoriels disposant d'échelons régionaux souvent peu étoffés, mais dotés d'agents d'excellente compétence, que des sociétés de développement, aux moyens plus puissants, vont progressivement venir renforcer.

Nonobstant les raisons, anciennes et sans doute, en leur temps, abondamment justifiées, de ces spécificités et répartitions des tâches, l'IRAT s'attache cependant, dès sa création, à en atténuer les limites, adoptant d'ailleurs volontiers certaines démarches engagées (brièvement rappelées plus loin). Il va faciliter les osmose, favoriser les travaux en équipe sur des sujets et terrains communs, tenter de montrer ainsi le caractère réducteur et contraignant des approches cloisonnées, face aux grands besoins de coopération et de synergie que réclame un développement qu'on veut global et intégré. Un tel dessein est, assez souvent, rendu plus aisé pour l'IRAT par deux circonstances favorables :

- un climat de confiance, voire une certaine complicité existant entre les structures de recherche dont l'IRAT va assumer la gestion et les services nationaux (de l'agriculture, de l'élevage, de la coopération...), climat qui va s'étendre aux relations avec les sociétés d'intervention ;

---

1. PEPY D., 1965. Cinq années d'activité IRAT, 1961-1965. En guise de préface. *L'Agronomie tropicale*, 20 (10) : 939-940.

BOUR F., 1965. Cinq années d'activité IRAT, 1961-1965. Cinq ans après. *L'Agronomie tropicale*, 20 (10) : 940-944.

– une direction commune de l'IRAT et de l'une de ces sociétés, la SATEC (Société d'aide technique et de coopération), qui va autoriser une approche mieux coordonnée des problèmes du monde rural, grâce à des réflexions, des actions concertées et des échanges, parfois musclés, d'expériences.

Un autre exemple classique de cette complémentarité, de plus en plus souhaitée, entre recherche et vulgarisation est celui du tandem IRCT-CFDT, dans le domaine des fibres textiles, et plus particulièrement du coton.

## **A la rencontre du producteur : étapes et définitions**

Passer d'un processus de recherche, généralement spécialisé, monodisciplinaire, accompli en conditions bien maîtrisées (laboratoire, champ d'essai...), et en temps compté, à l'approche polyvalente, plurifactorielle de l'exploitant agricole qui, elle, se déroule, par essence, en milieu hétérogène, à risques multiples (climatiques, économiques, humains) et dans une durée incontrôlable, imprévisible, représente, à l'évidence, un saut considérable. L'IRAT s'attache dès l'abord à en ménager les phases, les étapes et les tremplins. Sa démarche va emprunter trois voies principales.

### **La régionalisation et la décentralisation des activités, de la station au champs du paysan**

Afin de s'approcher, au plus près, des producteurs, l'IRAT installe, ou conforte, dans chaque Etat où il intervient, avec l'accord des autorités politiques, un dispositif gigogne de décentralisation comportant :

- à l'étage national, un centre principal (avec souvent la direction d'agence), regroupant les laboratoires et services spécialisés et à vocation géographique étendue, le centre national de recherche agronomique (CNRA) ;
- à l'étage régional, une organisation opérationnelle, l'unité régionale d'expérimentation multilocale (UREM), pouvant gérer une ou plusieurs stations régionales (SRRRA), bien équipées en hommes (dont des chercheurs), équipements (dont souvent des laboratoires) et terrains (des dizaines, voire des centaines d'hectares) ;
- à l'étage local, des points d'appui et antennes, notamment les points d'appui de pré vulgarisation et d'expérimentation multilocale (PAPEM), structures permanentes équipées sobrement, mais fonctionnellement ;
- à l'étage multilocal, un réseau d'essais multilocaux en champs paysans, à durée et emplacement variables, doublé, de plus en plus, par un réseau de correspondants-paysans, acceptant de tester et d'évaluer dans leurs exploitations, et avec leurs propres moyens, les innovations techniques ayant satisfait aux épreuves des étages précédents.

Tout chercheur, aussi spécialisé soit-il, peut ainsi parcourir tout ou partie de cet itinéraire, sans doute très « descendant » (*down stream* pour les anglophones), mais bien balisé et sécurisé, qui peut le mener de son laboratoire au champ du paysan pour y observer, ou expérimenter, avec ses propres méthodes et outils, en quelque région que ce soit.

### **De la pluridisciplinarité à l'interdisciplinarité, du thématique au systémique**

La logique scientifique veut que l'analyse précède la synthèse. Ainsi l'IRAT s'est-il attaché, au départ, à entreprendre, poursuivre et renforcer les théma-

tiques classiques de l'agronomie : étude et amélioration des plantes, du milieu édaphique et bioclimatique, défense des cultures, phytotechnie, équipements... Les chapitres précédents ont rappelé l'essentiel des efforts de ses sélectionneurs, physiologistes, bioclimatologistes, entomologistes, phytopathologistes, agropédologues, agronomes, etc.

La première phase de synthèse s'est justement engagée lorsque l'IRAT a fortement affirmé sa vocation, statutaire, d'agronomie générale, lorsqu'il s'est agi de passer de la plante à la succession culturale, de la parcelle élémentaire (ou du vase de végétation) au champ, dans tous ses états et situations, et à l'exploitation. L'occasion s'est ainsi présentée de tester l'intercompatibilité des propositions thématiques et disciplinaires : espèces et variétés et leurs pratiques, techniques de culture, de fertilisation, de mécanisation, rotations, assolements, calendriers culturaux...

Cette première phase synthétique, qui s'est généralement d'abord déroulée sur les domaines des stations et points d'appui, compte tenu, en particulier, de leur complexité, de leur durée et des observations et mesures, nombreuses, à effectuer, a conduit à l'élaboration de « systèmes techniques de culture ». Le système est, faut-il le rappeler, un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés pour atteindre un but, une finalité. Il est défini par sa structure (composants, limites...), ses fonctions ordonnées par un centre (singulier ou pluriel) de décision, ses flux internes et externes (entrées, sorties).

Cependant, le système de culture est très rarement isolé, même s'il est dominant, dans les agricultures des pays en développement. Il est associé, au sein des exploitations, à d'autres systèmes de culture, à des systèmes d'élevage..., souvent dans d'étroites interrelations (cultures industrielles et vivrières, de plateau, de bas-fond, association agriculture-élevage...). Cet ensemble constitue le « système de production » (de l'exploitation), que l'IRAT s'est efforcé d'approcher, dans ses structures de recherche, intégrant ainsi d'autres productions et facteurs de production que ceux liés aux seules cultures vivrières, dans des systèmes techniques de production.

Des systèmes techniques de production aux modèles d'exploitations, il n'y avait qu'un pas que l'IRAT a franchi allègrement. Outre les échanges qu'il a, alors, multipliés avec ses partenaires, les organismes de recherche spécialisés en d'autres productions, et avec les services et sociétés de vulgarisation et développement, l'IRAT a dû conforter certaines disciplines et en créer de nouvelles, recruter, voire former de nouveaux chercheurs. Les besoins sont allés, en effet, rapidement croissant en agrotechniciens, agro-machinistes, zootechniciens, agro-économistes, agronomes-systèmes avertis des techniques de modélisation.

Bien entendu, l'expérience prouve abondamment que si ces systèmes préfabriqués, ces modèles, restent précieux pour les chercheurs et les développeurs, en leur permettant notamment d'établir ou de vérifier les indispensables cohérences entre leurs propositions, ils sont généralement inapplicables, voire inacceptables, tels quels par les producteurs. Les logiques, les stratégies, les moyens des paysans différent, par exemple, beaucoup de ceux des faiseurs de développement.

Aussi l'étape suivante de ce long cheminement du chercheur vers le producteur, de ce processus qu'avec Louis Malassis l'IRAT a qualifié de processus de

« création-diffusion », doit-elle obligatoirement se situer en milieu réel ; et non plus seulement à l'échelle des parcelles d'essais ou de démonstrations, mais des exploitations elles-mêmes, de leurs systèmes de production, qu'ils soient d'ailleurs paysans ou agro-industriels.

Sur ces terrains réservés jusqu'alors à l'organisme de vulgarisation ou de développement, l'IRAT a souhaité poser le pied. La raison profonde n'en était cependant pas, comme on l'a souvent prétendu, de valider (ou infirmer) ses propres résultats, en lieu et place de la vulgarisation. Elle était surtout le souci, ou la nécessité, d'intégrer dans ses problématiques, à l'amont du processus et non plus à ses stades ultimes d'évaluation des produits de ses recherches, les attentes de l'acteur premier de l'économie agricole : le producteur, en même temps qu'il est le décideur final des systèmes de production existants et à venir. Là aussi, aux nombreuses concertations et actions conjointes menées avec ses partenaires de la vulgarisation et du développement, l'IRAT a souhaité ajouter ses propres capacités de recherche en matière de socio-économie, de sociologie, d'anthropologie. L'objet n'était pas de doubler les travaux d'organismes mieux équipés, tels l'ORSTOM, voire certaines sociétés d'intervention, mais d'en traduire ou compléter les résultats, pour une meilleure orientation des programmes mêmes de l'Institut.

Parvenu chez le producteur, le chercheur peut recueillir ses réactions, ses demandes et les faire remonter vers l'amont (le fameux *feed-back*) : le processus est ainsi réversible et devient système de création-diffusion, le propre d'un système étant d'être interactif, donc lisible dans les deux sens, donc également « ascendant » (*up stream* pour les anglophones). Ayant ainsi pénétré dans l'intimité de l'exploitation agricole, de son système de production, l'IRAT a été amené à s'intéresser à son environnement physique, agro-écologique, socio-économique et même institutionnel. Il est d'ailleurs d'évidence qu'un changement, un progrès au sein d'une exploitation n'est généralement possible que s'il s'inscrit dans une transformation plus large du paysage agricole environnant.

Les morphopédologues, les agronomes l'ont, par exemple, démontré depuis longtemps, s'agissant des aménagements et de la gestion d'ensembles micro-régionaux : villages, bassins versants, périmètres hydro-agricoles..., dont les terroirs, aux propriétés et aptitudes agricoles très diversifiées, sont étroitement interdépendants. Les développeurs, les macro-économistes, les sociologues le confirment chaque jour. Le mouvement coopératif n'est-il d'ailleurs pas né de cette nécessité de mise en commun du passé, du présent et de l'avenir, sans laquelle il ne saurait guère y avoir d'évolution bénéfique et durable ? Les conditions mêmes de cette évolution, à cette nouvelle échelle des paysages, des communautés rurales, des pays, sont nécessairement objet de recherche, comme elles l'ont été au sein de l'exploitation elle-même : techniques d'aménagement, de conservation des sols, répartition des systèmes de culture, d'élevage, de production..., conservation et transformation des récoltes, équipements mécaniques, calendriers de réalisation des travaux agricoles, etc.

A cette échelle, ou cette dimension territoriale, qui est celle des « systèmes agraires », l'IRAT s'est également senti concerné. Avec ses partenaires de la recherche et du développement (dont, bien sûr, la SATEC), il s'est investi dans des opérations d'envergure en milieu rural, soit en accompagnement de

projets de développement (cellules de recherche d'accompagnement), soit même comme initiateur de projets de « développement expérimental » (telles les Unités expérimentales, au Sénégal, qui sont brièvement évoquées plus loin). Dans ce dernier cas, tout particulièrement, le producteur et sa collectivité ne sont plus les simples destinataires ultimes, les « cibles » d'un processus linéaire, descendant, de recherche-vulgarisation, mais des acteurs responsables à part entière de ce processus (de création-diffusion). Les propositions des chercheurs et développeurs ne précèdent plus mais accompagnent, voire suivent, des approches-diagnostic pluridisciplinaires des milieux. Elles sont, de toute façon, objets d'évaluation par les populations concernées dont les critiques entraînent des adaptations, des rejets (le choc en retour ou *feed-back*), voire génèrent de nouvelles recherches.

Ainsi se caractérise la recherche-action, dont il existe de nombreuses définitions. L'une des plus anciennes s'énonce ainsi : « La recherche-action est une démarche de recherche fondamentale qui naît de la rencontre d'une volonté de changement et d'une intention de recherche » (K. Lewin, 1947). Dans cette démarche, celui qui sait n'est plus seulement le chercheur ou le développeur, et celui qui apprend, le seul producteur. « On ne sait pas avant d'agir, on agit pour savoir », écrira Bruno Latour (revue *La Recherche*, novembre 1998), ajoutant : « une bonne expérience est celle dont les épreuves viennent très tôt mettre en péril les évidences qui servaient à définir le projet ». Pour ces opérations de recherche-action, de développement expérimental, l'IRAT a dû renforcer ses équipes de morphopédologues, d'agronomes généralistes, de socio-économistes, voire de géographes et, même, de développeurs.

La finalité commune à tous ces acteurs, opérateurs, intervenants (producteurs, développeurs, chercheurs) reste une meilleure et durable valorisation des ressources de l'espace rural, du territoire considéré, au profit de sa population. La recherche doit tenir compte des attentes de cette population, de ses moyens, de l'environnement politique et économique... Devant résulter, dans ses orientations et réalisations, de multiples concertations, cette recherche pluridisciplinaire est devenue, par obligation, interdisciplinaire : aucun programme ne peut s'affranchir de la sanction des autres et du terrain.

De la nature et de la nécessité de cette dialectique permanente, l'IRAT a dégagé le concept obligé d'une « démarche triangulaire », dont les pôles sont les producteurs et paysannats, les organismes de vulgarisation et développement, la recherche agronomique, *lato sensu*. Si les deux derniers pôles sont, souvent, bien organisés et structurés, grâce notamment à un appui particulier des Etats et de la coopération internationale, il n'en est généralement pas de même du premier, celui des producteurs. Cette faiblesse a conduit l'IRAT à apporter sa modeste contribution à l'émergence d'un vaste mouvement d'organisation des professions agricoles et rurales, qui ne cesse de s'amplifier. Ainsi, en quelque deux décennies, l'IRAT a proposé et vu passer d'un simple concept linéaire d'application des résultats de la recherche au producteur, via le vulgarisateur ou le développeur, à celui d'un dialogue triangulaire permanent, dont le maître d'œuvre demeure naturellement le pouvoir politique. A cet ensemble interactif qui relie ainsi les acteurs et organes de la production agricole en évolution, il est convenu de donner, par analogie

avec les secteurs industriel et commercial et par commodité, le nom de « recherche-développement » (R-D).

### **Une organisation fonctionnelle**

Les structures de recherche dont l'IRAT prend la gestion, à sa création, ont une organisation fortement disciplinaire, que les chapitres précédents permettent de classer en trois grands groupes : l'étude et l'amélioration des plantes, l'étude et l'amélioration du milieu, l'étude et l'amélioration des techniques agronomiques (dont la mécanisation, l'association agriculture-élevage...). A côté de ces trois groupes puissants, au moins pour les deux premiers, émerge un quatrième, à tendance nettement centrifuge, composé de disciplines ou même d'individus dont les préoccupations essentielles sont l'application des résultats (des trois premiers groupes) et la rencontre avec le milieu réel, où attendent les utilisateurs potentiels de ces résultats.

Ce quatrième ensemble, au départ très flou, avait commencé à se dessiner dans les années 1950, avec la mise en place, en collaboration avec les services de vulgarisation, de réseaux d'expérimentation multilocale, de champs de pré vulgarisation et de démonstration, de rencontres avec tous les acteurs de la production agricole (par exemple les Journées du machinisme agricole de Bambey, en 1958, où constructeurs, chercheurs, vulgarisateurs, producteurs, décideurs s'étaient retrouvés autour de chantiers en mouvement), etc.

Les premières études agro-économiques avaient débuté, par exemple, avec la création d'une section d'économie rurale (avec Jean Ginouvès), en 1958, au CRA de Bambey. Ce dernier, à vocation régionale, interterritoriale jusqu'en 1960, avait, en outre, dans ce même objectif de promotion de ses résultats (grâce, notamment, à une meilleure connaissance des milieux d'application), installé deux délégations : l'une au Niger (avec Maurice Catherinet), l'autre au Mali (avec Pierre Bouchet). Les premiers services de « pré vulgarisation », regroupant ces hommes de liaison, représentants ou visiteurs de la recherche auprès des services de vulgarisation et de leurs « clients », les producteurs, étaient ainsi apparus dans les dernières années de la décennie 1950.

L'IRAT s'est naturellement attaché, dès sa fondation, à organiser ce quatrième groupe de recherche. Il crée rapidement, au siège et dans les grandes agences, des Sections d'application de la recherche à la vulgarisation (SARV). L'INRA, qui vient de le faire en 1961, transforme d'ailleurs très vite la SARV en SEI, Section d'expérimentation et d'intervention (avec J. Rebuschung), qui, en grandissant, deviendra le département systèmes agraires (SAD) de l'INRA. L'IRAT, de son côté, passera progressivement de l'application (donc en sens unique : amont-aval) à la recherche-développement, par essence interactive (cf. ci-dessus). A ce quatrième groupe vont échoir de très importantes fonctions, entre autres :

- de gestion des domaines des centres et stations ;
- d'organisation, de coordination, de logistique des interventions régionales, multilocales, thématiques, systémiques, tant en milieux contrôlés que réels ;
- de relation avec les services et sociétés de vulgarisation et développement, les instances politiques et administratives, etc. ;
- d'animation des opérations de R-D ;
- de réflexion méthodologique et stratégique sur ce type de recherche.

Parmi les objectifs et les stratégies, explicites ou tacites, assignés au groupe figure, en bonne place, celui d'attirer de plus en plus le chercheur, même très spécialisé et thématique, vers l'utilisateur final de ses produits, le producteur, le paysan. Les obstacles vont, bien sûr, apparaître nombreux, d'ordres conceptuel, intellectuel, dogmatique, psychologique... dus, déjà, à la formation du chercheur pour qui, souvent, rigueur scientifique ne peut rimer avec milieu réel. Une organisation bien rodée, une logistique rassurante, une méthodologie mieux assurée... viendront à bout de certains de ces obstacles. Naturellement, si d'aucuns seront convaincus, d'autres seront réticents, voire carrément hostiles. Mais l'unanimité n'est-elle pas la pire des anesthésies ?

### La méthodologie de la recherche-développement

De même que sa démarche s'appuie sur trois pôles de décision (production, développement, recherche), la méthode de la R-D comporte trois volets, très classiquement résumés comme suit.

#### Le diagnostic finalisé du milieu d'intervention

L'objectif est la connaissance du milieu, dans ses principaux aspects et caractéristiques, en vue d'une orientation, d'une programmation, les plus pertinentes possible, des actions en cours ou à entreprendre. Ce diagnostic porte sur les déterminants majeurs de la production agricole :

- milieu physique (climat, sols, terroirs, unités de paysage, séquences et ensembles spatiaux...);
- panorama agronomique (espèces cultivées, élevées ; techniques et systèmes de culture, d'élevage, de foresterie ; systèmes de production ; systèmes agraires...);
- composantes socio-économiques (nature et structure des exploitations agricoles ; centres de décision internes et externes ; organisation et gestion des collectivités paysannes et rurales ; accès à l'approvisionnement, aux marchés...);
- environnement institutionnel, avec ses atouts et contraintes politiques, administratifs, para-étatiques...

Au-delà du simple constat de situation, ce diagnostic doit surtout tenter d'intégrer les évolutions et dynamiques en cours :

- les tendances pédo-bioclimatiques (conservation, dégradation, érosion des sols ; évolution des formations végétales, en qualité et en quantité...);
- la dynamique des productions et des modes de production, « trajectoires » et flexibilité des exploitations ;
- les mutations et transformations de l'organisation professionnelle des producteurs, des environnements socio-économiques et institutionnels...

Ce diagnostic puisqu'il est finalisé (il tend vers l'action) se doit de préparer, faciliter cette action en cours ou à venir, notamment en résolvant la complexité du milieu en ensembles plus simples et plus homogènes, au sein de chacun desquels à une similitude de problèmes peut répondre une similitude de solutions. Très concrètement, des interprétations croisées des différents termes du diagnostic (par exemple physiques x agronomiques x socio-économiques) peuvent découler des zonages (de microrégions, de paysages, de terroirs...) et des typologies (de structures, de trajectoires, d'exploitations...).

Ainsi sont mieux orientés et guidés les deux autres volets de la R-D : l'élaboration de référentiels techniques propres à chacun de ces types de situations, et l'appropriation-évaluation des innovations.

### **La constitution de référentiels techniques pertinents**

Le changement venant essentiellement de l'innovation, il convient de préciser *in situ* les technologies disponibles ou rapidement accessibles, susceptibles de répondre aux problématiques révélées par le diagnostic. Ces technologies peuvent avoir, en fait, deux origines : le processus de création-diffusion classique, déjà évoqué ; la valorisation des savoirs et savoir-faire paysans. C'est de la confluence de ces deux courants, dans une sorte d'expérimentation dialoguée, que découlent les actions, ainsi concertées, à réaliser. L'élément fort de cette expérimentation dialoguée est que le producteur en est partie prenante, sans doute dans sa réalisation, mais aussi dans sa conception, au même titre que le chercheur et le développeur, antérieurement associés dans les expérimentations multilocales et champs de pré vulgarisation classiques.

Les sites d'élaboration de référentiels techniques utilisés par l'IRAT ont été très variés dans leurs formes et emplacements : points d'appui, champs d'essais et de pré vulgarisation, exploitations de correspondants-paysans, suivis d'exploitations de pointe, visites pédagogiques, réunions participatives, etc. On les retrouvera plus loin.

### **L'appropriation des innovations et leur diffusion**

Les milieux (physiques, agronomiques, humains) étant supposés connus, les innovations à introduire, ou à encourager, ayant été discutées et considérées *a priori* comme catégoriellement adaptées, il n'est plus que de confronter les uns aux autres. C'est, cependant, la phase la plus délicate car, d'une part, elle se situe à tous les niveaux de la production agricole, du champ paysan à la communauté rurale, voire à la région, et, d'autre part, elle implique une interaction permanente entre les trois pôles du triangle producteur-développeur-chercheur. Du premier point découle peut-être la difficulté majeure : quels que soient, en effet, l'esprit d'initiative, la détermination, le désir d'innovation d'un producteur ou d'un groupe de producteurs, plus ou moins minoritaires dans une collectivité rurale, il est fort à penser que le changement ne pourra intervenir que si l'assentiment (au moins moral) de l'ensemble de cette collectivité est obtenu, et si un appui institutionnel adéquat (du développement, de la recherche, des pouvoirs publics) est assuré à une échelle suffisante (au moins celle de la collectivité concernée).

Dans la réalité, systèmes ruraux à l'échelle d'une petite région (d'un « pays », systèmes agraires, à l'échelle d'une collectivité (d'un village, d'un groupe de villages), systèmes de production, à l'échelle des exploitations... sont étroitement interdépendants. Leur évolution, leur transformation, leur développement implique donc bien cette fameuse « approche globale et intégrée », chère aux planificateurs et décideurs. C'est cette évidence qui a conduit les artisans de la recherche-développement à donner à certains de leurs sites opérationnels des dimensions insolites, surprenantes pour beaucoup, habitués aux microparcelles des chercheurs de l'imagerie populaire. Il convenait, en effet, de placer cette recherche plus engagée dans les problématiques de

terrain, sur des espaces géographiques, agricoles, socio-économiques, culturels même, tels que puissent y être pris en compte, sans trop d'effets réducteurs, les déterminants majeurs de la production agricole et de la vie rurale : le milieu biophysique, les hommes et les femmes, les institutions.

Compromis a, cependant, dû être trouvé, quant à la limite supérieure de ces espaces, dans l'obligation de rigueur scientifique pour les enquêtes, observations, expérimentations, négociations, suivis, évaluations à y conduire. Il était, en effet, indispensable de détruire un tabou persistant, selon lequel seul le milieu maîtrisé pouvait permettre de prétendre à cette rigueur. D'autres facteurs limitants ont été la nécessité de disposer d'une organisation et d'une gestion adéquates et la disponibilité en hommes et moyens, pas toujours faciles à réunir quand on s'écarte des sentiers battus. Pour ces raisons, entre autres, la plupart des opérations de R-D conduites par l'IRAT n'ont pas dépassé l'échelle de petites communautés rurales (villages ou groupes de villages), de bassins versants, de périmètres hydro-agricoles expérimentaux, etc.

En commentaire final à ce bref aperçu méthodologique de la R-D, il est peut-être important de souligner que la logique de présentation retenue ci-dessus n'est que de commodité et non de chronologie imposée, même si elle est assez courante. Les trois volets de la R-D peuvent, en effet, être simultanés, voire inversés : une appropriation partielle, un rejet des résultats d'enquêtes... peuvent générer de nouveaux programmes de recherche (recherche-action) ; le suivi-évaluation peut modifier ou remettre en cause les typologies du diagnostic, etc.

## Les sources de la recherche-développement

L'IRAT ne peut évidemment prétendre à une exclusive paternité, en matière de R-D, même s'il en a fait une des chevilles fortes de son assemblage de recherche. Un historique, bien que très incomplet, de ce type d'approche, à la fois systémique et dialoguée, des problèmes agricoles par la recherche agronomique *lato sensu* a été tenté dans un autre document de la même collection<sup>1</sup>. Le lecteur pourra, le cas échéant, s'y reporter.

Quelques brefs extraits de citations peuvent cependant témoigner du caractère plus que séculaire de l'approche :

« Discourir du mesnage champêtre par les livres seulement, sans sçavoir l'usage particulier des lieux, c'est bastir en l'aer et se morfondre par vaines et inutiles imaginations. »<sup>2</sup>

« L'agriculture constitue un ensemble dont on peut difficilement modifier un des facteurs, sans toucher à ceux qui lui sont liés ou en dérivent [...] et, par enchaînement, on est amené à une transformation complète des usages courants des régions dans lesquelles on opère. »<sup>3</sup>

1. TOURTE R., 1997. *Le Département systèmes agraires. Des origines à 1986*. Paris, CIRAD, 147 p. (coll. Autrefois l'Agronomie).

2. OLIVIER DE SERRES, 1600. *Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs*.

3. DYBOWSKI J., 1902. *Traité pratique des cultures tropicales*. Paris

« La première des conditions [d'une bonne vulgarisation des résultats d'essais] [...] est de connaître aussi parfaitement que possible les trois éléments de notre richesse publique : le producteur [...], le milieu de production, c'est-à-dire les terrains et le climat, enfin le produit, sa nature et son utilisation [...]. Avec le système des jardins d'essais (et des stations), il était possible de connaître en partie le troisième, on n'appréciait qu'une partie très restreinte du second, on ignorait presque tout du premier. »<sup>1</sup>

« Le paysan doit rester un homme libre. Il a assez déjà dû subir la terre sans subir encore la loi d'hommes qui ne le comprendront jamais [...]. Il faut tout faire pour le développement des initiatives, des compréhensions, des connaissances des responsabilités dans le monde rural. »<sup>2</sup>

De ces très anciennes ou beaucoup plus récentes leçons, recherche et vulgarisation vont faire leur profit, dont bien entendu l'IRAT. Cependant, avant de conclure ce chapitre et cette histoire de l'IRAT par des exemples de sa contribution à ce type de recherche, il est équitable d'effectuer un bref survol de quelques expériences tentées par d'autres organismes de vulgarisation et de recherche, avant ou à côté de l'IRAT.

Pour compléter ce survol, le lecteur intéressé pourra se reporter aux publications mentionnées ci-dessus et à celle, déjà évoquée, sur le Département systèmes agraires du CIRAD.

## **La grande mutation des années 1950 : de la vulgarisation au développement**

### **Une doctrine qui se transforme**

La décennie qui a précédé la création de l'IRAT a été celle d'une profonde mutation, ou refondation, de la vulgarisation. Le vieux concept de la tache d'huile, qui veut que si un ou quelques thèmes simples, proposés par la recherche, sont adoptés, par quelques producteurs émérites, la diffusion s'en fera d'elle-même, est profondément remis en cause. Si, dans certains cas, il est incontestablement vérifié, il ne peut évidemment apporter aucune explication aux phénomènes de rejet trop fréquemment constatés. Une préalable ou simultanée compréhension des logiques et de l'organisation des populations rurales, auxquelles on s'adresse, apparaît de plus en plus indispensable.

L'un des plus éminents inspirateurs de cette révision des doctrines et méthodes de la vulgarisation agricole, en milieu tropical, a été, sans conteste, l'agronome Maurice Rossin, secrétaire général de l'ORSTOM de 1946 à 1952, puis directeur général de l'agriculture, de l'élevage et des forêts, au ministère de la France d'outre-mer, de 1952 à 1959. C'est cependant à l'Office du Niger, dont il a été le directeur technique de 1937 à 1944, puis le directeur général de 1944 à 1946, que cette grande figure de l'agronomie française, hybride de la recherche et du développement, avait jeté les bases d'une nouvelle doctrine de la vulgarisation.

1. HENRY Y., 1907. *Rapport agricole pour l'année 1906*. Dakar, AOF.

2. PORTÈRES R., 1952. *Aménagement de l'économie agricole et rurale au Sénégal*. Gouvernement général de l'AOF.

Ce n'est pas ici le lieu d'en faire l'exégèse. Quelques phrases recueillies dans ses écrits peuvent, au moins, en donner l'esprit :

- à propos d'« exploitations pilotes » (et non modèles), il s'agit d'appliquer les résultats des stations agronomiques en une synthèse aboutissant à un véritable système agricole complet, pour la région envisagée » (*Revue d'économie politique*, Paris, juin 1952, p. 788) ;
- à propos de l'unité élémentaire d'action en milieu rural, « elle doit être suffisamment réduite pour être [...] homogène quant à son milieu humain et naturel et quant au mode de vie de ses habitants [...] ; elle doit être suffisamment importante [...] pour [que puissent s'y] réaliser les actions efficaces et directes sur la production [...] [s'y] toucher tous les composants [...] à la source même de la création de richesse [...] : un ou quelques villages, un ou quelques milliers d'hectares [...], quelques centaines de familles d'agriculteurs » (*L'Agronomie tropicale*, mars 1957, p. 23-26) ;
- à propos des actions entreprises, tous azimuts, en faveur de la production agricole des territoires d'outre-mer, « quelles que soient la valeur et l'importance des moyens mis en œuvre, c'est finalement l'homme, c'est-à-dire le paysan africain, qui en constitue le centre »<sup>1</sup>.

Au nom de Maurice Rossin, peuvent être associés ceux de Maurice Guillaume, son prédécesseur à la direction générale de l'agriculture, de l'élevage et des forêts, du ministère de la France d'outre-mer et de Robert Sagot, qui fut un temps directeur du centre de Bambey puis inspecteur général de l'agriculture de l'A-OF.

### **A une autre vulgarisation, d'autres structures**

A ces hommes, notamment, on doit deux initiatives (parmi bien d'autres) en rapport direct avec la démarche recherche-développement, que l'IRAT contribuera à améliorer et compléter. La première initiative est la création des Secteurs expérimentaux de modernisation agricole (SEMA), en septembre 1950. Dans l'esprit de leur promoteur (M. Guillaume), il s'agissait d'engager, en milieu rural, des actions globales, d'envergure, mais dégagées des lenteurs et lourdeurs administratives, « d'étudier les conditions de mise en valeur de périmètres ruraux » dotés d'un équipement moderne de caractère économique et social, et [susceptibles d']être constitués en SEMA, dotés de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

La compétence dévolue aux SEMA est vaste : « [...] l'exécution de travaux d'hydraulique agricole ou pastorale, d'aménagements fonciers d'intérêt rural [...] ; l'utilisation d'équipements mécaniques pour les travaux de culture et de récolte, la préparation et la transformation des produits agricoles ; le développement de certaines productions et les recherches les concernant ». Ces secteurs disposent d'un conseil d'administration dans lequel sont représentés, outre la puissance publique, « les collectivités rurales intéressées : sociétés de prévoyance, coopératives, groupements coutumiers, villages, etc. » (arrêté du 26 septembre 1950, *L'Agronomie tropicale*, 1951, p. 221-222).

Cette nouvelle approche d'un développement équilibré (M. Rossin, 1959), à partir d'entités géographiques et humaines, animées par une équipe polyvalente

1. ROSSIN M., 1956. Le développement de la production du sol. *Productions françaises*, Paris, deuxième trimestre, p. 27-31.

lente, va se décliner en différentes formules, suivant les Etats et les organismes qui vont la mettre en œuvre : Associations agricoles de l'Office du Niger, Secteurs de modernisation agricole en A-OF et au Cameroun, Paysannats en A-EF (inspirés aussi par l'exemple du Congo-Kinshasa), Collectivités rurales autochtones modernisées (CRAM) à Madagascar, etc. Les SEMA inspireront, après les indépendances, bien des projets de développement.

La seconde initiative est le lancement d'« unités élémentaires d'assistance technique », entre 1955 et 1957 (M. Rossin). L'esprit, sinon la forme, de ces unités rappelle celui des Centres d'étude technique agricole (CETA) qui fonctionnent alors depuis plusieurs années en France, à la satisfaction des groupements de producteurs qu'ils conseillent. « Le principe fondamental [en est] le contact direct, réel et permanent avec le milieu rural [...], le paysan. »<sup>1</sup>

Chacune de ces unités est animée par un agent spécialement formé, à la fois technicien confirmé, polyvalent et « confident et conseiller du paysan ». « La superficie de l'unité élémentaire [...] apparaît ainsi de l'ordre du millier d'hectares, ou de quelques milliers d'hectares au maximum. »<sup>2</sup> Ainsi est né le concept d'encadrement rapproché. Il connaît, entre 1956 et 1960, une large application sous des appellations diverses, suivant les pays : Cantons pilotes, Centres d'encadrement rapproché (CER) qui vont devenir Centres d'expansion rurale en Afrique occidentale, Secteurs de paysannat en Afrique centrale et à Madagascar... Son expansion est favorisée par un appui budgétaire substantiel du FIDES (Fonds d'investissement et de développement économique et social) et par une politique délibérée de formation de ses animateurs de terrain : le Bureau pour le développement de la production agricole (BDPA), créé par M. Rossin, en a, pour sa part, formé plus de trois cents. Le concept et la formule de ces unités élémentaires d'action sont largement repris, après les indépendances, par la plupart des services de vulgarisation et les sociétés d'intervention (BDPA, SATEC, CFDT).

## Quelques expériences pionnières antérieures à l'IRAT

Si on se souvient que, jusqu'en 1960, recherche et vulgarisation publiques relevaient des mêmes directions générales, il n'est pas surprenant que les deux partenaires aient tenté des rapprochements opérationnels, à chaque fois que les conditions institutionnelles, budgétaires, voire personnelles, ont pu le permettre. Des réflexions communes, les conceptions attrayantes des Rossin, Guillaume, Sagot et de quelques autres ont donné lieu, au cours de la décennie 1950-1960, souvent grâce à un climat socio-politique favorable, à de nombreuses opérations, qui se sont intitulées : de mise en valeur agricole, de promotion rurale, de développement de la production agricole, paysannats, etc.

Dans l'échantillon, cruellement sélectif, des cinq exemples cités ci-après, mais qui se voudrait représentatif de bien d'autres opérations, toutes celles

1. ROSSIN M., 1956. Note d'orientation sur l'action rurale... *L'Agronomie tropicale*, 10 (6) : 794-798.

2. ROSSIN M., 1956. L'action rurale dans les Territoires d'Outre-Mer. *Productions françaises*, Paris, deuxième trimestre, p. 7-12.

retenues portent déjà, en germe ou explicitement, les trois volets caractéristiques de la future R-D : diagnostic, référentiel, appropriation. Elles associent, sous la bienveillante tutelle administrative, vulgarisateurs, chercheurs et représentants des producteurs, même si le choix de ces derniers reste élitiste. La nature hybride de ces opérations ou projets a d'ailleurs fait que plusieurs d'entre eux ont été rapportés dans la revue *L'Agronomie tropicale*, dont l'IRAT héritera à sa création.

### **Le Bloc expérimental de l'arachide de Boulel-Kaffrine, au Sénégal**

Le Bloc expérimental de l'arachide (BEA) est sans doute l'une des plus anciennes et des plus durables opérations du genre. Elle est engagée, en 1947, par l'inspection générale de l'agriculture de Dakar (R. Sagot), pour une mise en valeur des « Terres neuves » du Sénégal centre-oriental, par la culture motorisée à base arachidière. En 1955, sous l'impulsion de R. Jeannin, A. Marchal et P. Bouchet, le BEA se transforme en SEMA, en même temps qu'est abandonnée l'option motorisation intégrale, au profit d'une formule associant l'agriculture et l'élevage, avec intervention délibérée de la traction bovine. Il s'agit d'un paysannat de quelque deux cents familles, groupées en association, qui va alors exploiter près de 3 000 hectares de terres. Dès le départ, a existé, sur le BEA, une cellule de recherche, « la station d'agronomie appliquée », animée par les chercheurs du CRA de Bambey, dont plusieurs futurs IRAT. Le SEMA Boulel reste, après l'indépendance du Sénégal, l'un des pôles déterminants de la mise en valeur des Terres neuves des régions orientales du pays<sup>1</sup>.

### **La Mission de mise en valeur agricole de l'Ouémé, au Bénin**

Ce projet est conduit, de 1952 à 1960, par la Mission d'étude de l'Ouémé (chef de mission, André Guinard). Un diagnostic, préalable et concomitant, réalisé par une équipe pluridisciplinaire (agronome, pédologue, hydrologue, économiste, sociologue...) débouche sur le choix de trois secteurs pilotes, représentatifs des différentes situations agricoles du delta. Dans chacun de ces secteurs, des expérimentations permettent de proposer des actions techniques adaptées. Une intervention sur un ensemble de 25 000 hectares cultivables peut être ainsi engagée (cf. *L'Agronomie tropicale*, 1957, n° 4, p. 441-493).

### **Le sous secteur de modernisation rurale de Golonpoui, au Nord-Cameroun**

Cette opération, qui s'inspire directement du concept des unités élémentaires d'action de M. Rossin, est lancée, en 1953, par Joanny Guillard, alors inspecteur des Eaux et forêts à Garoua. Elle entre dans le cadre du SEMA du Nord-Cameroun (Semnord), dont les objectifs de développement régional rappellent étroitement ceux des SEMA. La zone d'action se situe en pays toupouri au sud de Yagoua, au bord du Mayo Kebbi (à la frontière du Tchad).

L'opération débute dans le village de Golonpoui ; elle va intéresser cinq villages en 1958. Les trois volets de la démarche R-D y sont ouverts successivement :

– le diagnostic, avec des agents CFDT, des chercheurs de l'IRCAM/ORSTOM, des administrateurs, agents des services techniques, missionnaires religieux... ;

1. BOUCHET P., 1955. Le Secteur expérimental de modernisation agricole des Terres neuves : Boulel (Sénégal). *L'Agronomie tropicale*, 10 (2) : 174-216.

- l'expérimentation, avec des essais, tests, démonstrations, dont la culture attelée en traction bovine, les techniques de culture (arachide, cotonnier) et d'élevage ;
- la vulgarisation des méthodes et procédés.

Elle va toucher 5 000 agriculteurs et intéresser 13 000 habitants, un succès que J. Guillard attribue, en bonne part, à la présence permanente d'un conseiller rural et à la continuité dans l'action, rappelant une phrase de T.A.M. Nash, agronome au Nigeria : *A steady drip, drip is far better than a sudden deluge* (un persistant goutte-à-goutte vaut bien mieux qu'un soudain déluge)<sup>1</sup>.

### Deux exemples d'opérations à Madagascar

La Collectivité rurale autochtone modernisée (CRAM) d'Andilamena est une expérience, engagée en 1952, qui s'inscrit dans la grande entreprise de modernisation du paysannat malgache, lancée par le haut commissaire Bargues. La proximité du centre de recherches agronomiques du lac Alaotra (Andilamena est à environ 50 kilomètres au nord du lac) a, dès le départ, facilité l'intervention d'une équipe pluridisciplinaire de chercheurs dans cette opération de développement local. Plusieurs d'entre eux, de la recherche agronomique, seront des chercheurs IRAT : Pierre Roche, Jacques Velly, Robert Dufournet, Jacques Fritz... D'autres appartenaient à l'administration générale, aux services techniques (élevage, génie rural), à d'autres organismes de recherche (Institut de la recherche scientifique malgache).

Le grand projet Moyen-Ouest de la Sakay a été créé, à l'origine (en 1952), pour accueillir, dans une région sous-peuplée, des immigrants réunionnais. En fait, sous l'égide du BDPA, ce sont quelque deux cents fermiers réunionnais et vingt villages malgaches qui y ont été installés, dans un espace de 400 km<sup>2</sup>, dont 4 000 hectares aménagés en système antiérosif et 1200 ha reboisés ou drainés. Les exploitations de base, de chacune 20 hectares (dont 15 ha de plateau et 5 ha de bas-fond), ont eu, dès l'origine, une destination polyvalente : agriculture (maïs, manioc, engrais vert, riz), élevage (porcins, bovins, volailles). Mené de main de maître, notamment par Jean-Joseph Thomas du BDPA et Marcel Buisson de la Caisse centrale de coopération économique, le projet a bénéficié d'un appui constant des chercheurs du lac Alaotra (IRAM), du service de l'élevage et de l'IRSM. Son incontestable succès, tant économique que technique, a servi de référence à plusieurs des opérations ultérieures de développement rural, menées dans le Moyen-Ouest malgache, après l'indépendance.

### L'opération Thiénaba, région de Thiès, au Sénégal

Cette opération, engagée en 1952, est d'initiative conjointe du service de l'agriculture du Sénégal, secteur de Thiès (Robert Grégoire) et du CRA de Bambey (R. Tourte), proche. Elle porte sur deux cantons (Diack et Fandène), représentant quelque 6 500 hectares de terres cultivables, dont près du tiers en friche : sols de vieille culture, dégradés. La population de la zone est d'environ 3 650 habitants. L'objectif technique affiché est la restauration de

1. GUILLARD J., 1965. *Golonpoui, Nord-Cameroun*. Paris, La Haye, Mouton éd., 494 p.

ces sols épuisés (ferrugineux tropicaux, très sableux). Les thèmes simples, alors connus, de l'amélioration de la production agricole (à 90 % à base d'arachide et de mil) sont bien entendu proposés : semences sélectionnées, engrais minéral annuel, semis-binages en culture attelée (équine)... L'action entreprise semble suffisamment attractive pour que la population de la zone passe de 3 650 ruraux à 5 000 en moins de dix ans (de 57 à 78 habitants au km<sup>2</sup> !). Cependant, au-delà de ses résultats démographiques ou pondéraux, l'apport majeur de l'opération Thiénaba, dans ces années 1950, va être de servir de terrain d'épreuve des stratégies et méthodes de la future R-D, tant pour la vulgarisation que pour la recherche.

Un diagnostic agro-socio-économique est rapidement réalisé, avec reconnaissances et cartographies agropédologiques, enquêtes socio-économiques au sein des exploitations et des villages (surfaces, travaux, utilisation des instruments...), recensements des habitants, du cheptel vif et mort, etc. Le dialogue avec les paysans et leurs notables (chefs de village, de canton, marabouts...) est engagé à tous les niveaux.

La recherche des références et des solutions techniques aux problèmes complexes de la zone est renforcée, pérennisée : un bloc expérimental de dix hectares, préfiguration des PAPEM de 1962-1963, est ouvert en 1959. Sur le point d'appui et sur l'ensemble de l'opération, sont effectués des introductions d'espèces et de variétés, des essais de régénération de la fertilité des terres, d'association agriculture-élevage, d'agroforesterie (arbres d'ombrage, brise-vent...), etc. La vulgarisation, classiquement assurée, au début, par les services techniques administratifs (agriculture, élevage, forêt, coopération), adopte, dès 1957, la démarche « rapprochée » : le canton pilote de Thiénaba est créé et doté d'un technicien-conseiller (J. Baurens). Il va devenir centre d'expansion rurale (CER), puis centre d'expansion rurale polyvalent (CERP), après l'indépendance du Sénégal.

Sur le plan institutionnel, c'est dans la région environnante de Thiès qu'est testée la transformation de la vieille société de prévoyance (SP ou SIP), apparue, au Sénégal, en 1909, en société mutuelle de production rurale (SMPR), qui deviendra société mutuelle de développement rural (SMDR), aux statuts et règles de fonctionnement nettement plus « mutualistes », participatifs et intégrés. L'action d'amélioration foncière des terres sera poursuivie grâce à la création, en 1958, du Centre expérimental de régénération et de conservation des sols (CERCS), basé à Thiénaba et soutenu durant plusieurs années par le FIDES.

## **La contribution de l'IRAT à la recherche-développement : morceaux choisis**

Beaucoup d'opérations et d'actions menées par l'IRAT, de sa création à sa disparition, en tant qu'institut autonome, peuvent prétendre à la qualification de R-D : l'un des principes fondateurs, le premier, de l'Institut, n'était-il pas la recherche appliquée au développement ? Une très bonne et concise illustration de cette diversité des recherches menées par l'IRAT, en direct avec les projets et opérations de développement, est d'ailleurs donnée par la

plaquette intitulée *IRAT : 20 ans de recherche pour le développement (1960-1980)*, préparée par Michelle Jeanguyot.

Il convient de souligner qu'au siège de l'Institut le rôle d'animation, de coordination et de conservation du patrimoine méthodologique, ainsi acquis, a été essentiellement le fait de Pierre Silvestre, responsable de la division d'économie rurale et des applications (devenue division des productions), dont la mission était multiple : liaison et information, internes et externes, sur les travaux de l'IRAT, élaboration et suivi des programmes de recherche liés aux actions de développement, enfin animation et coordination de ces recherches à caractère agronomique et économique.

L'échantillon retenu ci-après n'est fait que d'exemples choisis parmi les plus significatifs, pour lesquels la relation interactive avec le milieu d'application est évidente, voire inscrite en préalable, les trois volets du triptyque R-D (diagnostic, référentiel technique et appropriation) sont formellement présents, enfin leur contribution à l'élaboration de la démarche et à la méthodologie de la R-D progressivement dégagées par l'IRAT est importante. Comme tout choix, celui-ci est teinté d'arbitraire mais l'abondance des matières l'a rendu obligatoire. Pour simplifier, les exemples retenus ci-après sont ordonnés en fonction du volet R-D qui est privilégié dans l'approche scientifique du projet, soit du fait de l'IRAT, soit à la demande ou sous la pression des décideurs.

### **Le diagnostic dominant**

On peut classer, dans cette catégorie, les opérations de recherche qui, par une compréhension et une typologie du milieu rural, ont permis d'orienter à la fois la constitution des référentiels techniques adaptés et les interventions auprès des producteurs. Schématiquement, il s'est agi des approches du milieu physique et agronomique, débouchant sur des zonages agroécologiques, et du milieu agro-socio-économique, conduisant à des typologies de situations, d'exploitations.

#### LES APPROCHES AGROÉCOLOGIQUES

Novatrices, elles ont été surtout le fait des agropédologues de l'IRAT (cf. chapitre Pédologie) appuyés par J. Tricart, du Centre de géographie appliquée de Strasbourg, et de G. Gaucher, tenant d'une « pédologie agricole ». C'est largement l'équipe de Jean Kilian qui a mis au point une méthode élaborée de cartographie morphopédologique, de classement des contraintes majeures, de propositions d'aménagements et d'affectations des terres, valable pour les différents systèmes de paysages naturels et situations agricoles identifiés. Parmi ces travaux, essentiels aux deux autres volets de la R-D, on peut citer quelques morceaux de bravoure, strictement à titre d'exemple.

L'étude sur les « Orientations culturelles des régions soudaniennes du Sine-Saloum », au Sénégal, entreprise à la demande de la Société de développement et de vulgarisation agricole (SODEVA), a livré aux agents de cette société et aux chercheurs de l'IRAT Sénégal des cartes morphopédologiques permettant d'orienter les programmes d'action des uns et des autres, notamment dans le domaine de la R-D. Roger Bertrand, qui a réalisé cette étude en 1970, dans la foulée de celle des deux Unités expérimentales de Koumbidia et Thyssé Kayemor-Sonkorong, s'est appuyé, pour la traduire en termes agro-

nomiques, sur les travaux antérieurs de S. Bouyer, J. Dubois, P. Bonfils, C. Charreau, J. Faure, C. Piéri, etc. (*L'Agronomie tropicale*, 1972, p. 1115-1190). Dans le même ordre d'idées, R. Bertrand, en liaison avec J. Valenza, agrostologue de l'IEMVT, a procédé également au Sénégal, en 1979, à une évaluation des possibilités agro-sylvo-pastorales des milieux naturels du Sénégal oriental (*L'Agronomie tropicale*, 1982, p. 329-339).

Les prospections pédologiques à but agronomique de J.-H. Durand, dans la vallée du fleuve Sénégal, avec R. Didier de Saint-Amand, Gora Bèye, M. Mutsaers..., ont orienté les implantations des points et périmètres expérimentaux (de Kaédi, de Fanaye...) et les projets de mise en valeur (dont les casiers sucriers de Richard-Toll).

Dans le cas de l'accompagnement du projet AVV (Autorité pour l'aménagement des Vallées des Voltas, au Burkina Faso), il s'agissait, pour cette considérable opération, d'un préalable morphopédologique et d'un apport déterminant pour le choix des « blocs expérimentaux ». Le complément essentiel a été le rôle majeur joué par l'IRAT, dans le troisième volet R-D, le pilotage de l'ensemble du projet, puisque Jacques Tessier en a été le directeur des études. Outre ce dernier, sont intervenus J. Kilian, A. Angé, S. Guillobez, M. Brouwers, J.-F. Poulain, sur une période allant de 1973 à 1986. La contribution du Pr J. Tricart à ces opérations n'a, en outre, pas été étrangère à la publication, commune avec J. Kilian, de l'ouvrage *L'écogéographie*, chez Maspero, en 1979.

De nombreuses études de plaines, périmètres, vallées, cuvettes, mésorégions ont été conduites par les agropédologues de Madagascar avec Pierre Roche, L. Bouchard, F. de Casabianca, J. Kilian, M. Raunet, etc.

Enfin, on ne peut clore cette trop rapide revue sans souligner l'apport déterminant qu'a été, pour ce type d'approche, la télédétection développée à l'IRAT par l'équipe Kilian, dès 1977, avec l'imagerie Landstat et, à partir de 1980-1981, avec les couvertures SPOT.

### LES APPROCHES AGRO-SOCIO-ÉCONOMIQUES

Même si les approches agro-socio-économiques ont déjà été évoquées précédemment, il est important de souligner ici quels remarquables terrains de rencontres et concertations elles ont été, notamment entre socio-économistes et agronomes *lato sensu*, que l'on peut, très schématiquement, situer à deux niveaux : celui de l'exploitation agricole et celui de la micro- ou méso-région.

A l'échelle de l'exploitation agricole, dans ses multiples formes et facettes en Afrique, à Madagascar, en Amérique latine..., cette compréhension intime des structures, organisations, fonctionnements de l'exploitation africaine a été l'un des thèmes forts de plusieurs chercheurs de l'IRAT. Leurs habituelles dénominations composées, agro-économiste, socio-économiste, économiste rural... ne sont d'ailleurs que le signe d'une hésitation, ou d'une synthèse, souvent de leur chef, entre une formation de base et un engagement de terrain. Ce sont, entre autres, Claude Ramond, Jacques Monnier, Michel Benoit-Cattin, Alain Leplaideur, Jacques Faye, Paul Kleene, François Ruf... L'approche de l'exploitation agricole traditionnelle par tous ces chercheurs, finalement nombreux (alors qu'ils étaient pratiquement inexistantes à la créa-

tion de l'IRAT), n'a pas été qu'académique, mais, au contraire, clairement finalisée par un dialogue concret avec les centres de décision d'exploitations aux structures et fonctionnements complexes, progressivement dévoilés. La proposition magistrale de la recherche a pu ainsi devenir recommandation, puis conseil (technique, en organisation du travail, en gestion, etc.).

A l'échelle de la micro ou mésorégion, le diagnostic prend, à l'instar de la démarche agroécologique évoquée précédemment, la forme d'une analyse agro-socio-économique globale d'un ensemble local ou régional, en vue d'en orienter les stratégies de mise en valeur, notamment grâce à une bonne connaissance des forces vives existantes, tant économiques qu'humaines. Ce type d'approche a été particulièrement développé à Madagascar, notamment par Guy de Haut de Sigy, adoptant très tôt une démarche pluridisciplinaire. S'y sont ainsi impliqués des pédologues : par exemple J. Kilian pour la cuvette d'Ankozomanga (Betioky Sud), F. de Casabianca pour les « sables roux » du Sud-Ouest malgache (Ankazoabo), des agronomes tels que Jean Celton, Robert Dufournet, Jacques Marquette..., de l'IRAT, Jean-Marie Burési de la SATEC, notamment dans le grand projet de mise en valeur intensive des collines du Vakinankaratra et de l'Imerina central. L'objectif global était bien d'appréhender, d'une manière synthétique, les potentialités régionales et d'en décliner l'approche en autant de sous-ensembles, aussi homogènes que possible. A Madagascar, ont pu être ainsi délimités des secteurs de paysannat, d'expansion rurale, dotés, autant que faire se pouvait, d'unités ou de points d'expérimentation, en vue d'élaborer les référentiels techniques socio-économiquement acceptables par la microrégion concernée.

200

Par voie de conséquence, l'étude des exploitations individuelles, de leurs typologies et de leurs réactions à l'innovation, complète obligatoirement cette approche plus globale : c'est, par exemple, l'élaboration d'un schéma d'enquête micro-économique, pour le compte de groupements de l'Opération productivité rizicole (OPR).

L'IRAT a naturellement mis en œuvre ce même type d'approche en d'autres pays que Madagascar, notamment autour des années 1980.

En savane de Côte d'Ivoire, on peut, par exemple, citer le Projet mécanisation paysanne (PMP), conduit par Jacques Monnier, avec le concours du sociologue Michel Pescay et celui de l'économiste Bruno Losch, etc.<sup>1</sup>, les opérations de la Compagnie ivoirienne de développement des textiles (CIDT), dont Yves Bigot a assuré le suivi agro-économique... Ces travaux ont bénéficié de l'appui pluridisciplinaire du centre IDESSA de Bouaké, au sein duquel ont œuvré bien des chercheurs de l'IRAT, concernés par cette démarche R-D : B. Le Buanec, L. Bouchard, J.-F. Poulain, J.-M. Kalms, B. Leduc, G. Vallée, J.-L. Chopart, etc.

Dans le Sud ivoirien, c'est François Ruf qui, en étroite liaison avec les sociétés de développement, notamment la SATMACI, a recherché le ou les compromis possibles entre la politique de l'Etat, les objectifs de ces sociétés

---

1. Projet mixte, il relève de l'opération à diagnostic dominant dans sa phase initiale (1978-1981), préparée par la CCCE, la SEDES, le CEEMAT, la CINAM. L'IRAT conduit ensuite des actions portant sur les référentiels techniques, et propose en fin de projet une approche micro-et méso-régionale.

et les stratégies paysannes, s'agissant des difficiles équilibres entre productions commerciales (cacao ou café ?) et vivrières. Alain Leplaideur a conduit des recherches de même type dans le Centre-Sud camerounais, en relation notamment avec les opérations de la Société de développement de la cacao-culture (SODECAO).

### L'élaboration de référentiels techniques, privilégiée

C'est peut-être dans ce volet de la R-D que l'évolution et la mutation des conceptions, des méthodes et sites d'action ont été les plus marquées, notamment chez les agronomes (*lato sensu*) très préoccupés par cette approche, qui conduit le chercheur de la station au village. En effet, si les socio-économistes et quelques agronomes déviants de la recherche pratiquaient déjà, à l'occasion ou par envie, ce chemin, la plupart des autres, *a fortiori* ceux concernés par les déterminismes et mécanismes de fonctionnement des plantes et des sols et leurs méthodes et techniques d'amélioration, œuvraient, avec une forte préférence et par nécessité, en milieu maîtrisé. On a évoqué plus haut l'une des raisons majeures de cette situation : le partage des tâches et des espaces entre recherche et vulgarisation. Aussi, progressives et prudentes ont dû être les avancées. Elles ont, en outre, généralement choisi la voie protégée des structures de recherche, dont la régionalisation et la multilocalisation se sont simultanément poursuivies (comme rappelé ci-dessus). On peut en schématiser comme suit les principales phases.

#### LES SYSTÈMES TECHNIQUES, MODÈLES D'EXPLOITATIONS, MAQUETTES-OBJECTIFS

En stations, blocs expérimentaux, points d'appui sont testés expérimentalement des assemblages (assolements, successions, rotations...) de cultures, techniques, pratiques... choisis par la recherche à partir de ses produits multidisciplinaires. De tels systèmes peuvent fournir une première évaluation comparative en termes de rendement, d'évolution des sols, de compatibilité des opérations (calendrier, offres et demandes en travail), de valorisation économique, etc. Réalisés en structures proches des utilisateurs, ces dispositifs peuvent, en outre, constituer de bonnes vitrines de produits assemblés, en fonctionnement, que des « clients » éventuels peuvent venir apprécier. En retour, ils sont souvent, pour la recherche, l'occasion d'une première et importante épreuve de faisabilité de ses produits, à laquelle certains ne résistent pas. Ces tests sont généralement conduits en dispositifs pérennes à grandes parcelles, pouvant même aller jusqu'à l'« exploitation-type », dans laquelle c'est l'intégralité du système de production qu'on tente de préfigurer. Dans la plupart des cas, une évaluation économique (étude du travail, comptes théoriques d'exploitation...) vient compléter le test technique.

Au-delà des modèles physiques, l'IRAT s'est naturellement engagé dans la voie séduisante des modèles mathématiques ou virtuels, par la programmation linéaire (modèle 4S, par exemple) avec J.-F. Richard, J. Monnier et l'appui de collègues de l'INRA et des sociétés de développement. Globalement, cette approche des systèmes et modèles, en milieu maîtrisé ou bien contrôlé, a été utilisée par la plupart des agences de l'IRAT, par exemple :

– au Sénégal, dès les années 1960, avec les champs de pré vulgarisation, les fermes expérimentales, les modèles... (R. Tourte, G. Pochier, B. Ruysen,

P. Nourrissat, R. Nicou, C. Ramond, J. Monnier, M. Le Moigne, J.-F. Richard, C. Bajard) ;

– au Burkina Faso, dès 1968, avec le modèle d'exploitation de Saria (C. Malcoiffe), l'originalité venant du fait que l'exploitation est confiée en réalisation à une famille d'agriculteurs mossi ;

– en Côte d'Ivoire, à partir de 1971, dans la recherche de systèmes stables à base vivrière, pour les zones forestières, par Bernard Leduc, utilisant notamment le dispositif binômes cultureux, sur ses points d'essai et d'appui ;

– à Madagascar, dès les années 1960, avec les modèles d'exploitation des Hauts Plateaux (J. Celton, J. Marquette), les modèles d'élevage de G. de Haut de Sigy et G. Chatillon de l'IEMVT, la ferme expérimentale du lac Alaotra, implantée en 1972, auprès de la SOMALAC, en vue de la diversification des cultures sur collines (*tanety*) et en rizières, etc.

– Une valorisation de ce type de dispositifs de modélisation physique, ou concrète, est présentée et réussie au Maranhão (Brésil) par Lucien Ségué et Serge Bouzinac, à partir de 1978, pour la mise au point de systèmes de culture à base de riz pluvial, utilisables par les petits producteurs de la région du Goiás.

Le dispositif comprend un noyau central, comparant les systèmes de culture dont la composition résulte d'un diagnostic préalable auprès des producteurs et d'une concertation avec les décideurs politiques et techniques. Ce noyau est alimenté, en interactivité, par les innovations des chercheurs disciplinaires de l'organisation de recherche (EMAPA), qui y apportent ou y présentent des thèmes qu'ils affinent dans des dispositifs satellites. Des aires d'actualisation permettent de tester en vraie grandeur les ensembles techniques ainsi constitués et d'en engager la diffusion chez les producteurs, grâce à des agents techniques formés par la recherche.

Le schéma de création-diffusion est ainsi « bouclé » autour d'un dispositif de modélisation expérimentale. L'approche sera perfectionnée, par la suite, par ses deux auteurs, notamment lors de leur intervention dans les régions de savanes arbustives du Brésil central (les « Cerrados »), à partir de 1983.

– La version gigantesque de ce type d'approche technique des systèmes de culture a certainement été écrite dans le désert de Libye. Le groupe SATEC-IRAT y est chargé, de 1979 à 1983, d'installer et de conduire un complexe de production céréalière, en culture irriguée et hautement intensive. Le projet, dirigé par J.-C. Legoupil, a compté jusqu'à 8 000 hectares de blé d'hiver, suivi de sorgho d'été sur une surface plus réduite. Il a produit, en trois ans, 104 000 tonnes de blé et 52 000 tonnes de sorgho, avec des rendements respectifs moyens de 45 et 40 quintaux à l'hectare (très supérieurs à ceux contractuellement promis).

L'intérêt du rappel de cet épisode triomphant de l'histoire de l'IRAT procède de ce que son résultat doit, pour une notable part, au travail d'élaboration et de mise au point du système technique, par une unité pilote implantée au centre même du complexe. C'est sur cette unité de 80 hectares qu'ont été testées les techniques préconisées sur l'ensemble du projet (variétés, fumures, façons culturales...), sous la conduite de Jean Charoy et Richard Baran. Dans le même ordre d'idées, on peut rappeler les opérations menées par l'IRAT au profit des complexes sucriers d'Algérie, de Côte d'Ivoire, du Kenya, de Madagascar, de La Réunion.

### **L'appropriation, la réprobation... la programmation, attendue et redoutée**

La sanction du milieu rural est l'objectif premier de la R-D, et doit, en toute logique, s'y dérouler, au moins en partie et « en finale ». Les voies et moyens empruntés par l'IRAT ont été, là aussi, fort diversifiés. On peut en abrégé le rappel en les rattachant schématiquement à quatre groupes, suivant, en fait, les échelles d'intervention et les degrés d'engagement de la recherche.

#### LES ACTIONS DANS LES EXPLOITATIONS

Il ne s'agit plus là d'exploitations, plus ou moins préfabriquées ou remodelées au goût du chercheur, mais d'unités réelles en fonctionnement, en évolution. S'y rencontrent les logiques et stratégies des producteurs, en fait les décideurs ultimes, et celles des chercheurs plus ou moins métissées de celles des développeurs. La méthodologie et les pratiques de ce type d'actions ont été, en particulier, mises au point et affinées, avec les correspondants-paysans du Sénégal, par J. Monnier et Guy Pochier, dans les années 1965-1980. Des analyses et diagnostics dynamiques d'échantillons raisonnés d'exploitations ont permis, grâce au conseil de gestion et au suivi agro-socio-économique, d'inciter les agriculteurs à l'innovation, de les accompagner dans leur évolution (en certains cas, spectaculaire), en même temps qu'apparaissaient de nouveaux problèmes à poser à la recherche.

A ce type d'approche, on peut assimiler de nombreuses autres actions de l'IRAT, faisant appel à une participation dominante des producteurs, au sein même de leurs propres exploitations. Par exemple, aux alentours de la station de Saria, au Burkina Faso, une vingtaine de cultivateurs mossi ont souhaité réaliser, sur leurs propres terres, des systèmes de culture rappelant la « ferme expérimentale » de la station (voir ci-dessus). D'abord assuré par la station, le suivi de l'expérience a été ensuite pris en charge par l'Office régional de développement (ORD) de Koudougou.

Cette démarche, entre-temps complétée et affinée, est proposée, en 1978, pour généralisation, aux différentes « zones homogènes » du pays, préalablement définies, par Jean-François Poulain, Philippe Morant et leurs collègues burkinabé, Michel Sédogo et Firmin Ouali.

De la même veine procèdent les « hameaux-tests » de Jacques Gillain, de la SATEC-OPR, situés aux franges des cuvettes rizicoles et en piémont des collines des Hauts Plateaux malgaches.

#### LES ACTIONS EN PÉRIMÈTRES OU SECTEURS EXPÉRIMENTAUX CONTRÔLÉS

L'échelle d'intervention est celle de collectivités paysannes regroupées sur des surfaces de quelques centaines d'hectares, orientées généralement vers une production dominante. Dans ce type d'actions, si le changement d'échelle est manifeste (des systèmes de production individuels on passe au système agraire de la collectivité), le faible degré de liberté laissé aux producteurs réunis, quant au choix de leurs propres systèmes, laisse finalement peu de place aux grandes remises en cause. C'est cependant l'occasion d'une approche collective des techniques de production et d'aménagement d'espaces et de paysages englobant une diversité d'exploitations. A titre d'exemple, on peut citer :

- les polders aménagés de la plaine de Tananarive où, de 1966 à 1970, les agronomes de l'IRAT, J. Celton et J. Marquette, ont précisé les systèmes de production polyvalents (riz, blé, lait, légumes) ;
- le Colonat de Richard-Toll (Sénégal) de quelque 300 hectares, spécialement suivi par les agronomes de la station (P. Courtessole, J.-P. Aubin) depuis sa création, en 1957. Une action menée à partir de 1972 par les mêmes et J. Monnier, M. Diallo, D. Cissé, Y. Sow, auprès d'un échantillon d'exploitations, a montré, grâce à un conseil de gestion approprié, que pouvaient y être transférées, sans dérive, les techniques de la recherche et y être atteints des rendements en riz de six tonnes à l'hectare, par saison de culture.

#### LES RECHERCHES D'ACCOMPAGNEMENT DES OPÉRATIONS DE DÉVELOPPEMENT

Il s'agit d'un vaste domaine d'intervention, dans lequel la plupart des chercheurs de l'IRAT ont été impliqués. Dans de nombreux cas, cette implication s'est produite « à la demande », dans le cadre des liaisons normalement attendues entre recherche et vulgarisation. Dans d'autres cas, la relation était contractualisée, au départ de l'opération, par un accord préalable sur les thèmes d'action à retenir, si possible déclinés suivant les catégories de cibles à atteindre, à charge pour la recherche d'assurer un suivi du projet. Ainsi ont fonctionné plusieurs projets dans lesquels étaient associés la SATEC et l'IRAT, le projet productivité arachide au Sénégal, l'opération productivité riz à Madagascar, etc. De telles opérations ont, sans aucun doute, permis des évaluations *in situ* et *in vivo*, de grande envergure, des propositions de la recherche retenues par le développement, et fréquemment entraîné des remises en cause de certitudes trop absolues.

Dans les meilleurs des cas, les recherches d'accompagnement ont été organiquement formalisées par la présence, au sein même du projet, d'une cellule de recherche, pouvant se réduire à un chercheur, supposé à la fois polyvalent et relais, auprès de l'autorité du projet, de son organisation de recherche. A titre d'exemple, on peut citer :

- l'opération SATEC, productivité du riz pluvial en Casamance, commencée en 1969 ; le chercheur détaché, Pierre Siband, y était toujours écouté, parfois entendu... ;
- le projet AVV du Burkina, déjà évoqué ; la cellule de recherche a eu un rôle primordial dans les réorientations des opérations, au travers notamment de J. Teissier.

Cependant, même dans les meilleurs cas, l'ampleur des opérations, leurs environnements politiques et administratifs, les impératifs et lourdeurs de leurs appareils de gestion, leurs logistiques ont souvent rendu difficiles les réajustements, les réorientations de leurs axes majeurs d'action. Face aux réactions des producteurs, les indispensables « corrections de tir » ont parfois trop tardé : il eût fallu mieux prévoir, anticiper, préparer de nouvelles réponses aux problèmes que crée l'application des anciennes, chercher avant...

#### LE DÉFI DU « DÉVELOPPEMENT EXPÉRIMENTAL »

La caractéristique essentielle, commune à toutes les démarches R-D précédentes, est que la relation du chercheur avec le producteur se situe, sauf exceptions, en aval de la chaîne de création-diffusion. Les innovations, les

produits proposés à la diffusion, dont l'élaboration a été souvent longue, résultent, de plus, de commandes faites au chercheur, non directement par les clients, les utilisateurs finals : l'absence d'organisation, de formation professionnelle, habituelle en milieu rural des pays en développement, justifie d'ailleurs que, très souvent, cette formulation des demandes du milieu rural soit le fait d'organisations supposées familières de ses motivations, ses besoins, ses logiques, ses cadres de vie...

Traditionnellement, ce rôle de détection, de formulation des problématiques paysannes est assuré par les services de vulgarisation, les sociétés de développement et, plus récemment, par des organisations non gouvernementales, de plus en plus nombreuses. Cependant, si toutes ces institutions sont utiles, voire indispensables, pour la mise en œuvre des politiques nationales, régionales et locales de développement rural, elles peuvent, s'agissant de l'élaboration, en toute logique préalable, des politiques de recherche, s'avérer être un écran involontaire ou très attentionné entre le chercheur et sa source fondamentale de questionnement, le producteur. Déjà, dans la détermination des thèmes à appliquer, dans l'inventaire des problèmes à résoudre, le vulgarisateur, le développeur peuvent procéder à un criblage, selon des critères qui leur sont propres, pas nécessairement identiques à ceux du producteur ou du chercheur. Par exemple, si le développeur se situe généralement dans le court terme (les exigences des plans à quatre ou cinq ans !), le chercheur s'inscrit dans le moyen ou le long terme, et le paysan dans la durabilité (même si les apparences sont souvent trompeuses, à cet égard). En outre, ce filtre interposé entre producteurs et chercheurs prive ces derniers du plaisir, ou du désagrément, de cueillir à la source les réactions d'un ensemble de producteurs à un ensemble de propositions, pouvant ainsi freiner, retarder, occulter toutes substitutions, recompositions, voire reprogrammations, de recherches réorientées.

Ce sont ces réflexions, très schématiquement résumées, qui ont conduit l'IRAT à prendre l'initiative d'engager, sous sa propre responsabilité, des actions en milieu réel et vraie grandeur, d'agir pour savoir, suivant la formule de Bruno Latour, rappelée plus haut, à propos de la recherche-action. Cependant, au-delà des actions, déjà évoquées, des correspondants-paysans, nécessité est apparue de situer ces actions à des échelles beaucoup plus vastes, telles que les partenaires ne soient plus des individus isolés, aux décisions malgré tout fortement dépendantes de l'environnement communautaire, mais qu'ils soient ces communautés ou collectivités paysannes elles-mêmes. A l'exploitation individuelle, il convenait de substituer les espaces agricoles gérés par ces collectivités, villages ou groupes de villages, selon des règles et des limites peut-être mal perçues de l'extérieur, mais parfaitement connues et respectées par leurs populations. Sans doute l'environnement institutionnel, économique, administratif... de ces collectivités et de leurs espaces devait-il être pris en compte ; toutefois, en leur sein même, il devait être possible de placer les problématiques de recherche non plus à l'échelle des seuls systèmes de production, mais à celle des systèmes agraires dans lesquels ils s'inscrivent obligatoirement.

Ainsi sont nées au Sénégal, en 1968, les Unités expérimentales, première grande aventure de l'IRAT en ce domaine, que d'aucuns ont, depuis, quali-

fiée de « dinosaure de la recherche-développement », peut-être parce que seul un astéroïde pourrait en détruire l'esprit. Les circonstances sont alors éminemment favorables au lancement d'un tel projet :

- du côté sénégalais, le ministre du Développement rural, Habib Thiam, soutient l'idée et en assume *a priori* les conséquences sur le plan national et régional ;
- du côté de l'IRAT, Francis Bour patronne d'emblée le projet, se chargeant, le cas échéant, d'accorder quelques violons entre l'IRAT et la SATEC, dans une partition inhabituelle pour les deux partenaires ;
- du côté du ministère français de la Coopération, une réserve prudente est cependant fortement compensée par une chaude adhésion du chef de la Mission d'aide et de coopération de Dakar, René Blanchard.

R. Tourte a résumé les conditions dans lesquelles a été lancée l'opération dans l'ouvrage *Le Département systèmes agraires du CIRAD* (collection *Autrefois l'agronomie*, CIRAD, 1997). Le lecteur intéressé pourra s'y reporter, les extraits qui suivent tendant, toutefois, à l'en dispenser.

« L'IRAT et ses partenaires sénégalais disposent [en 1968] :

- d'une panoplie disciplinaire assez riche et d'une incontestable maturité ;
- d'un arsenal de technologies disponibles assez diversifiées et déjà bien éprouvées dans différentes situations du pays et d'ailleurs ;
- d'une pratique du travail interdisciplinaire et de la relation avec les organisations de vulgarisation, de développement et de formation ;
- d'une expérience déjà solide du travail en milieu rural, avec des individualités et des collectivités paysannes ;
- et, surtout, d'hommes de qualité — chercheurs, ingénieurs, agents, africains ou expatriés — convaincus que la finalité de leur action est bien d'aider à l'essor d'une agriculture paysanne. [...]

La recherche croit en la capacité des agriculteurs, des éleveurs, des paysans, des artisans à relever le défi. N'ont-ils pas réussi, grâce à leurs savoirs, à leur savoir-faire, à leurs logiques, à trouver de bons équilibres entre une nature ingrate, un environnement erratique, les valeurs profondes de leur société rurale et leur souci légitime de progrès et de mieux-être ? [...]

A la recherche donc d'aider à trouver de meilleurs équilibres. Et elle a déjà l'intime conviction [...] que la voie vers de meilleurs équilibres, vers des systèmes agraires plus efficaces et plus soucieux du devenir des hommes et de leur milieu, ne peut être trouvée que par une action commune avec les sociétés rurales. Les chercheurs apportent des connaissances, des outils, des méthodes. Les paysans expriment leur connaissance du milieu, leurs besoins, leurs attentes. Mais c'est du choc des deux dynamiques, dont les mécanismes sont souvent mal connus, que se dégagent les voies du futur. C'est ainsi qu'a été conçue la recherche-action. [...]

Le mouvement se crée en marchant, écrira alors l'IRAT au ministre de tutelle sénégalais [...]. Le dossier joint [à sa lettre] est la première mouture [du] projet d'établissement d'une Unité expérimentale, placée sous la responsabilité de la recherche (en l'occurrence, le CNRA, Centre national de recherches agronomiques, de Bambey la sollicite), et destinée à définir rapidement les thèmes définitifs d'une agriculture intensive à l'usage d'une unité de développement environnante, confiée à la SODEVA [qui a succédé à la SATEC]. [...]

Dès le départ, a donc été affirmé le souci d'une coopération étroite avec la société régionale de développement, qui devait servir de relais à une échelle plus large. [...] Et, pourtant, combien ont alors fustigé la recherche et sa prétention à vouloir se substituer au développement dans ses chasses gardées, alors qu'elle ne souhaitait que pérenniser et élargir son dialogue avec le milieu rural, sans pour autant renoncer à celui qu'elle entretenait avec le développement. [...]

Des mesures organiques sont alors prises pour assurer des liaisons plus étroites entre la recherche et le développement : le directeur de projet fera partie de l'IRAT, ses adjoints, chefs d'unités viendront de la SATEC-SODEVA, les responsables des stations et points d'appui expérimentaux étant déjà détachés des services agricoles, etc. Le dossier convainc le ministre. Il décide de débloquent un crédit de 35 millions de francs CFA pour la mise en place immédiate de deux unités expérimentales dans les départements de Nirodu-Rip et de Koungheul. Conçues en juillet 1968, échographiées en novembre 1968, les Unités expérimentales voient le jour neuf mois après, en avril 1969, dans le Sine-Saloum, région du centre-sud du Sénégal. La recherche, fidèle à son engagement de confier le relais aux organismes de développement, propose une stratégie à trois étages. Maître d'œuvre dans l'Unité expérimentale, dont l'axe est la coopérative agricole, elle confie un premier relais à des Unités pilotes de quelques milliers d'hectares chacune, également organisées autour de coopératives. Quatre ou cinq unités pilotes doivent relayer chaque unité expérimentale. L'Unité de développement, dernier relais, qui englobe l'unité expérimentale et les unités pilotes, s'étend, elle, à l'ensemble de la zone agricole concernée, en fait approximativement à la petite région, ou « pays ». Ce schéma stratégique n'a jamais été complètement appliqué. Et pourtant, est-il tellement obsolète ? [...]

L'une des deux Unités expérimentales occupe les villages de Thyssé, de Kayemor et de Sonkorong, près de Nirodu-Rip ; l'autre est installée autour de Koumbidia, près de Koungheul [...]. La première unité réunit 1 500 habitants en trois villages, soit environ 5 000 hectares, la seconde regroupe 2 000 habitants en dix-sept villages, sur environ 7 000 hectares. Chacune est déjà constituée en coopérative. La première en comprend deux, qui se réuniront assez rapidement par décision des adhérents. Dans chaque unité est implanté un point d'essai permanent (PAPEM), relais des stations et unités régionales de recherche. [...]

De nombreuses actions sont rapidement entreprises par les chercheurs et leurs associés de différents services et sociétés de vulgarisation et de développement :

- Connaissance des communautés partenaires et de leurs espaces : recensement des populations, cadastre, études morphopédologiques au 1/20 000, recensement des animaux, du matériel agricole, enquêtes alimentaires [...].
- Evaluation des flux démographiques, des troupeaux, des approvisionnements et des productions à différents échelons, des villages aux parcelles.
- Diffusion de l'innovation : [...] l'essentiel de l'action se situe en milieu réel, chez le paysan, où le dialogue s'établit. Les innovations sont testées par le paysan, à sa demande et selon ses propres conditions. L'Unité expérimentale n'a jamais connu de ferme modèle, pilote ou autre structure préfabriquée. La politique du cadeau y a été systématiquement ignorée. Les innovations sont acceptées, rejetées, adaptées et progressivement intégrées dans des systèmes

de culture, d'élevage, de production, dont les structures vont se moduler en fonction de quelques grands types d'exploitations : la méthode est délibérément expérimentale et les expérimentateurs sont les agriculteurs, les éleveurs eux-mêmes, conseillés par les chercheurs et vulgarisateurs. Les innovations proposées sont très diversifiées et tous les organismes de recherche et de vulgarisation sont sollicités pour les présenter (IRAT, IEMVT, CTFT, IRCT, ORANA) et pour les accompagner (ONCAD, Office national de coopération et d'assistance pour le développement, Services agricoles, Services de la coopération). Certaines sont très en pointe par rapport à celles normalement diffusées : phosphatage de fond, embouche bovine, vaches de traction, maraîchage avec exhaure animale, etc. L'accueil sera souvent beaucoup plus favorable que celui attendu par les partisans des petits pas. Les logiques paysannes diffèrent des logiques technicistes et même économiques.

– Formation des ruraux : la responsabilisation des ruraux dans la gestion de leurs affaires est un souci majeur de l'Unité expérimentale. Plusieurs actions de formation sont engagées : tenue des comptes (coopératives), alphabétisation fonctionnelle, éducation domestique, sanitaire, notamment, par les services de la Promotion humaine.

– Aménagement du foncier : plusieurs des innovations proposées, à long terme, ont des implications foncières indéniables, voire délibérées — accroissement durable de la fertilité, révision du parcellaire, tenure des terres. Elles vont rapidement provoquer des turbulences dans les règles établies (légales ou coutumières) de possession, de répartition, de gestion des terres, et révéler des mécanismes socioculturels que beaucoup d'études plus académiques n'avaient fait que pressentir. Des spécialistes des sciences humaines, de l'équipe ou extérieurs, vont tenter de les comprendre et, autant que possible, de les orienter vers une gestion foncière plus sécurisante et efficace. Sont ainsi amorcées des expériences qui s'avéreront précieuses pour les stratégies de développement rural ultérieures. Ce projet a le mérite d'avoir été l'un des premiers à associer des sociologues à une recherche opérationnelle. Certains d'entre eux, comme Jacques Faye, n'oublieront pas cette expérience éprouvante, mais combien enrichissante. La plupart des chercheurs impliqués dans ce projet seront amenés à jouer des rôles importants dans la recherche agronomique tropicale.

– Amélioration des infrastructures et de l'environnement économique et institutionnel : les variables exogènes étant considérées comme déterminantes du développement, les leçons des Unités expérimentales vont être soumises à l'examen des décideurs et responsables nationaux.

Sont ainsi débattus par les paysans, les développeurs, les décideurs, les chercheurs, des problèmes d'organisation coopérative, de commercialisation et de filières — une filière maïs est même expérimentée —, de crédits, de réglementation foncière. » (fin de citation).

L'opération des Unités expérimentales engagée en 1968-1969 par l'IRAT est, après 1975, poursuivie par l'Institut sénégalais des recherches agricoles (ISRA). De très nombreux chercheurs européens et africains y sont intervenus sous l'animation de Guy Pochtier, Paul Kleene, Jacques Faye, Jean-François Richard, Charles Bajard, Madické Niang, Michel Benoit-Cattin...

Un bilan fort complet en a été établi, en 1986, sous la direction de Michel Benoit-Cattin, publié par le CIRAD, l'ISRA et le FAC : *Les Unités expérimentales du Sénégal* (500 pages, cartes, photos, dessins). Retenons que, au-delà de leur impact propre sur le développement rural des régions dans lesquelles elles ont été implantées, ces Unités expérimentales ont alimenté les travaux, les réflexions et les critiques de centaines de chercheurs, vulgarisateurs, professionnels de l'agriculture, formateurs, décideurs, bailleurs de fonds et politiques de tous continents. Des centaines de documents, d'études, de rapports, mémoires, thèses et publications, en différentes langues, y ont trouvé sources et arguments. De nombreuses missions d'évaluation s'y sont succédé, tant la tentative a intéressé, surpris ou agacé. Elles ont ainsi permis de faire avancer la nouvelle démarche de recherche-développement, pour laquelle elles restent l'une des références fondatrices. Bien entendu, cette démarche sera largement exportée dans maints pays africains, latino-américains, asiatiques... et reprise par plusieurs organisations internationales.

### **Le développement expérimental du *Sertão* dans le Nordeste brésilien**

C'est dans cette immense région semi-désertique du Brésil que les agronomes brésiliens du CPATSA (Centro de Pesquisa agropecuária do Tropicó semi-árido), implanté à Petrolina (Etat du Pernambouc), ont réussi en quelques années le montage et la mise en œuvre d'un système complet de création-diffusion, dans lequel la R-D, à la fois origine et aboutissement du processus, a été entière innovation.

L'affaire a débuté en décembre 1979, par une demande de consultation des responsables du CPATSA, Dr R. Alves de Souza, directeur, et Dr M. Abílio de Queiroz, directeur technique, sur les systèmes de culture et les systèmes de production adaptés aux petites exploitations.

La mission a été réalisée en janvier 1980, par R. Tourte. S'appuyant sur l'organisation existante, plus ou moins matricielle (disciplines x programmes horizontaux), elle a conseillé son ordonnancement et son ouverture délibérée sur le milieu réel et la petite paysannerie du *Sertão*. Pratiquement, en trois années, une telle orientation s'est affirmée, au CPATSA, autour de trois grands programmes : ressources naturelles et socio-économiques ; amélioration de ces ressources ; systèmes de production (en milieu réel).

Les recherches coordonnées des trois programmes ont permis d'engager :

- dès 1981, un zonage agro-écologique d'une région d'environ 1 000 km<sup>2</sup> permettant de distinguer douze zones réputées homogènes ;
- en 1982, un échantillonnage raisonné, avec diagnostic agro-économique et suivi socio-économique de centaines d'exploitations ;
- en 1983, des interventions, en liaison avec les organismes de développement (EMATER, projets) à l'échelle de villages, notamment l'opération Ouricuri, au nord de Petrolina, en plein *Sertão*.

Ce rapide démarrage est dû, en premier, au dynamisme et à l'efficacité des responsables du CPATSA et, dans une certaine mesure, à l'appui de l'IRAT, du CEEMAT et du GERDAT-CIRAD : formation du responsable brésilien d'un des trois grands programmes du Centre (Eduardo de Miranda) et de chercheurs ; missions d'appui (René Tourte, René Billaz, Henri Hocdé, Marc Le Moigne...) ; affectation de chercheurs (Gilbert Vallée, Vincent Baron). L'opé-

ration Ouricouri sera poursuivie bien après que l'IRAT aura fait dévolution de son rôle de conseiller au DSA, qui maintiendra cet appui.

## **Le Département systèmes agraires du CIRAD**

A sa création, en 1984, le CIRAD et ses animateurs (Hervé Bichat, René Billaz...) souhaitent institutionnaliser, à côté des départements par filières du Centre, un département chargé d'y animer, d'y développer la démarche, à la fois systémique et R-D, devenue familière à l'IRAT : ainsi naît le DSA, le 11 juillet 1984, grâce au double apport d'une partie de la division des systèmes agraires de l'IRAT (René Tourte) et de l'Institut pour la formation des agronomes en régions chaudes, IFARC (Jacques Lefort).

L'une des premières tâches du DSA (confié à René Tourte) dans la fondation duquel l'IRAT a ainsi une lourde responsabilité, est, en vue de l'accomplissement de son mandat, d'enrichir la propre démarche de l'IRAT, en matière de R-D, de celle d'autres organismes ayant tenté la même aventure, à des degrés divers :

- au sein du GERDAT-CIRAD, l'IFARC, bien sûr, mais également l'IRCT et ses villages de modernisation, ses associations agricoles de paysans... (Michel Braud), l'IRFA et ses unités types de production fruitière, l'IRHO, l'IEMVT, le CTFT et ses expériences d'aménagement de bassins versants, etc. Depuis 1972, toutes ces expériences ont fait l'objet de nombreuses réflexions communes, sous la houlette du Pr Louis Malassis et de Bernard Simon (du service économie du GERDAT) ;
- hors le GERDAT-CIRAD, l'INRA, l'IRAM, l'ORSTOM (actuel IRD), l'INAPG, des institutions anglophones... ; plusieurs de ces organisations ont été associées aux échanges intra GERDAT-CIRAD.

C'est à partir de cette riche expérience commune que le DSA puis ses successeurs (SAR, TERA) perpétueront au CIRAD la démarche R-D, au moins dans son esprit, sinon dans ses méthodes, ses stratégies, ses formes... que de nouveaux chercheurs sauront mieux élaborer, tester, théoriser...

Mais ceci est une autre histoire...



Jardins paysans, Saria, Burkina Faso.  
(© J. Chantereau)



Cultures sur buttes et associées, Burkina Faso.  
(© R. Tourte)



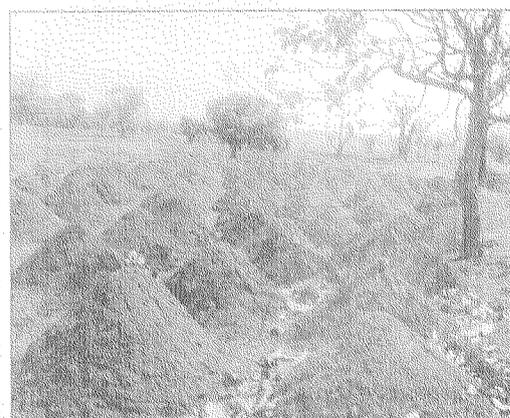
Systèmes de culture rizicoles, Vinantelo,  
Fianarantsoa, Madagascar. Vue générale  
des essais. (© P. Roche)



Système de culture à base d'arachide :  
Bernard Leduc. (© C. Poisson)



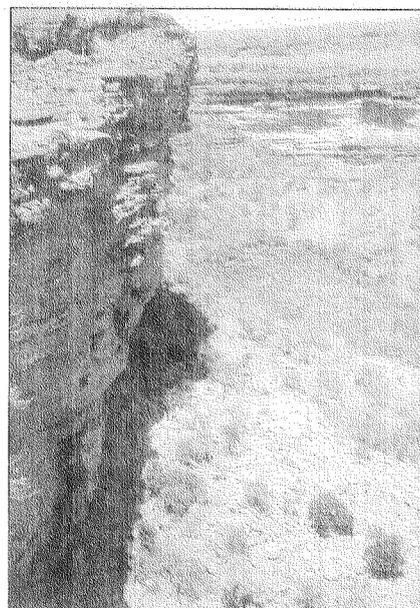
Expérimentation de systèmes de culture  
en pré vulgarisation, Bambey, Sénégal. (© G. Pochtier)



Buttes à ignames en champ paysan, Togo.  
(© R. Tourte)

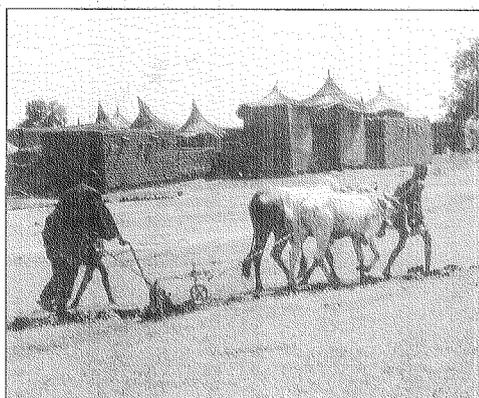


Rizières de bas-fond, Bignona, Basse-Casamance, Sénégal.  
(© G. Pochier)

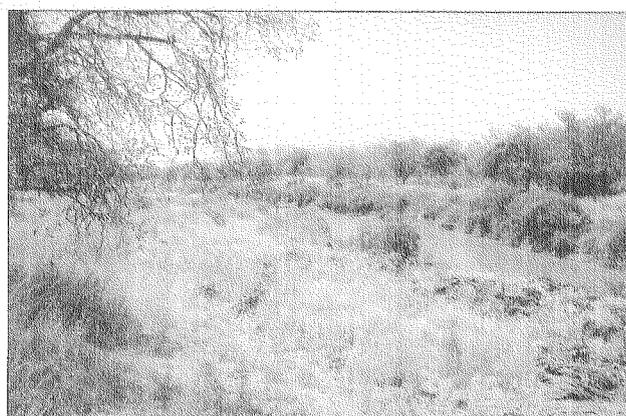


Falaise de Bandiagara, pays dogon, Mali. (© J. Chantereau)

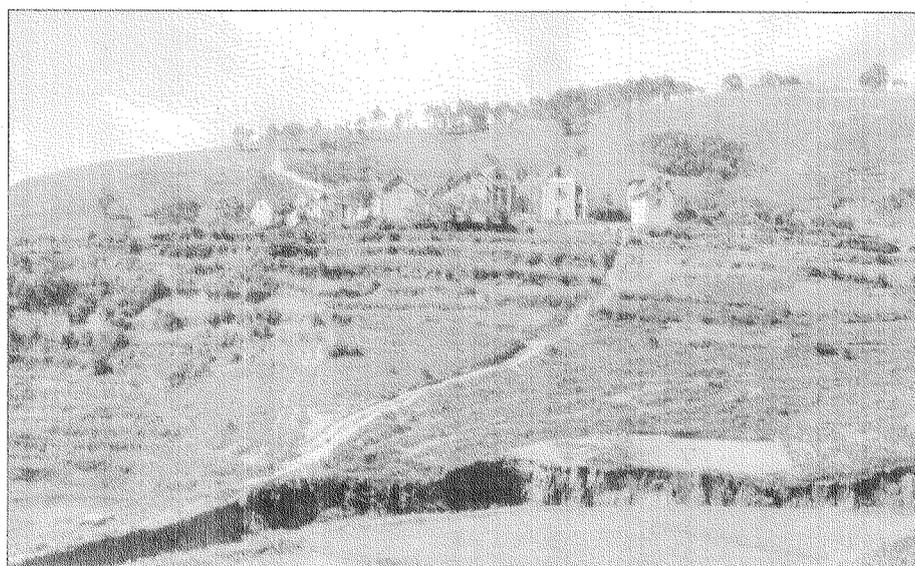
212



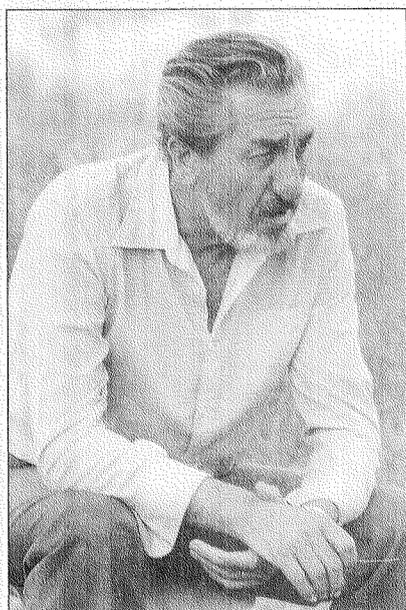
Village et champs, Yatenga, Burkina Faso.  
(© R. Nicou)



Site de barrage, Burkina Faso. (© J. Teissier)



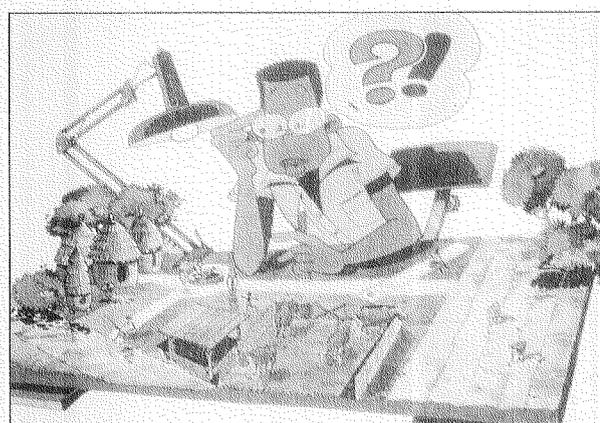
Collines et rizières,  
Fianarantsoa,  
Madagascar.  
(© P. Roche)



*Le chercheur, père fondateur,  
René Tourte*



*Le chercheur inspiré, Jean Pichot*



*Le chercheur « système », selon C. Poisson*



*Le chercheur « modèle », selon C. Poisson.*



*Foire de Niamey, décembre 1965,  
déjà l'intégration des facteurs  
de production pour mil,  
sorgho, niébé...*



# Adieu l'IRAT

**A**insi s'achève l'histoire de l'Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières, fondé en juillet 1960, dissous en décembre 1984.

215

Ce sont donc vingt-cinq années de travaux de près de trois cents chercheurs et cadres supérieurs, de plusieurs centaines de techniciens français, européens, africains, américains, asiatiques, de milliers d'employés et ouvriers, de paysans appartenant à plus de cinquante pays de tous continents, qui sont résumées dans les quelques centaines de pages du présent ouvrage.

Il eût fallu pouvoir humaniser cette trop sèche énumération de noms, d'activités, de résultats, par tout ce qu'elle a pu cacher de joies, de déceptions, de doutes, d'enthousiasmes partagés.

Il eût fallu une grande plume pour conclure.

Bien plus simplement, les rédacteurs de cette modeste contribution à l'histoire de la recherche agronomique française, au service des pays moins favorisés, souhaitent, au nom de tous les agents de l'IRAT, affirmer, haut et fort, leur fierté d'avoir appartenu à ce remarquable appareil de coopération et participé à son grand élan de solidarité.

Ils le souhaitent parce que tous ont aimé cette maison, cette entreprise où chacun s'est senti à son aise, quelle que soit sa place, persuadé d'y faire œuvre utile, d'y travailler pour l'autre, celui qu'il côtoyait quotidiennement, ou celui qui, très loin, avait besoin de lui et que, peut-être, il ne connaîtrait jamais.

C'est que, dans cet institut, existait un esprit de corps, un dessein connu et admis de tous (scientifiques, techniciens, administratifs), des valeurs communes, que ses responsables savaient animer, entretenir. Sans doute le faisaient-ils à coups d'incessants voyages aériens (de mouvements « bouriens »

ont dit certains), de réunions nocturnes, impromptues (entrecoupées de sandwiches hâtivement dévorés). Mais ils y réussissaient surtout par l'engagement profond et partagé qu'ils avaient su donner à l'Institut, face aux graves problèmes de développement rencontrés par les pays partenaires, ces pays avec lesquels les relations étaient étroites, confiantes, peut-être déjà parce que leurs indépendances avaient été contemporaines de la naissance de l'IRAT, rendant ainsi la complicité plus empreinte du présent et du futur que du passé.

Ce grand dessein, cet enthousiasme, les responsables de l'IRAT savaient aussi les faire partager grâce à la constante attention qu'ils portaient aux problèmes professionnels et personnels des hommes et femmes qu'ils dirigeaient, avec délicate fermeté et permanent souci d'équité. Ils souhaitaient résoudre leurs difficultés, mais savaient aussi partager leurs peines et leurs satisfactions.

Ainsi s'alliaient, au sein de l'IRAT, un exceptionnel dynamisme et un climat de sérénité intellectuelle, morale et matérielle reposant sur une véritable culture d'entreprise, élaborée et préservée en commun.

L'IRAT, en 25 ans a incontestablement rempli son contrat de 1960 : « [...] entreprendre et développer, dans les régions non tempérées et spécialement dans les régions tropicales, toutes études et recherches appliquées en matière d'agronomie générale et de cultures vivrières, par ses moyens propres ou par l'intermédiaire de ceux dont disposent les organismes adhérents. »

Sans doute était-il même parvenu, à sa dissolution, bien au-delà des espérances de ses promoteurs, dont la généralité des termes de son contrat ne faisait alors qu'exprimer les incertitudes de l'avenir.

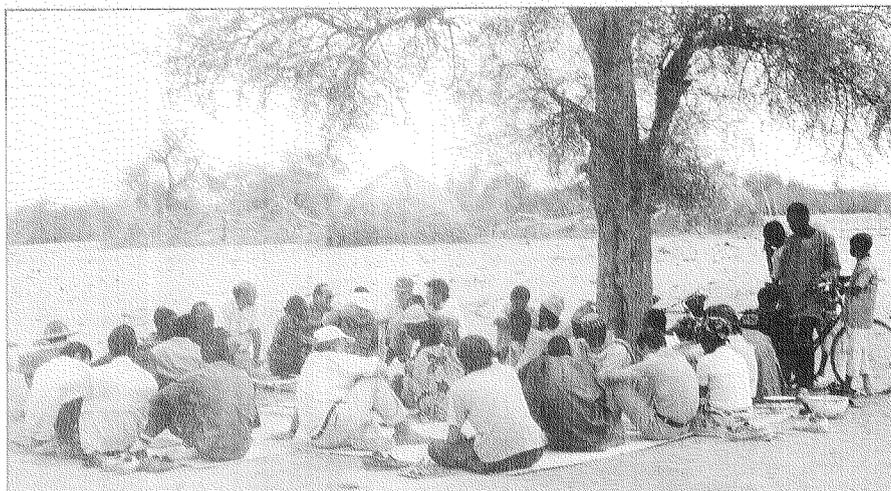
Cependant, l'essentiel n'est pas là, mais dans l'après : le mouvement impulsé, développé, enrichi ne s'est pas arrêté en 1984, bien au contraire. Il se poursuit aujourd'hui, dans plusieurs départements du CIRAD, dans de nombreuses institutions françaises et étrangères, où de jeunes générations de chercheurs, de responsables nationaux se souviennent et savent bâtir, à leur façon, leur propre avenir, sur les fondations que leur a laissées notre institut.

L'IRAT a disparu ? Fi donc de la nostalgie. Sa mémoire, ses travaux, son esprit demeurent.

Et que vive son héritage !



*Nouveau temps,  
nouvelles méthodes,  
un chercheur système,  
futur directeur général  
de l'ISRA Sénégal,  
Jacques Faye,  
à la table à palabres.*



*Sous l'arbre à palabres,  
lors de la visite  
du président du CIRAD,  
J. Poly, Ban, Yatenga,  
Burkina Faso.*



*En tout cas, l'IRAT...*





Edition  
Jacques Bodichon

Mise en pages  
Service des éditions et du multimédia du Cirad

Impression

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2003



Centre  
de coopération  
internationale  
en recherche  
agronomique  
pour le  
développement

42, rue Scheffer  
75116 Paris  
France

