

Du transfert technique à l'aide à la décision

Pierre-Yves Le Gal¹ ; Pierre Milleville²

¹ CIRAD, Montpellier, France

² ORSTOM, Montpellier, France

La recherche agronomique s'est toujours donnée comme principale mission d'établir les bases du changement technique en agriculture. La station expérimentale a longtemps constitué le lieu privilégié, pour ne pas dire exclusif, d'élaboration de nouveaux modèles techniques qui devaient ensuite être transférés chez les agriculteurs. On connaît le rôle joué par les généticiens et les sélectionneurs pour produire un matériel végétal plus productif, mieux adapté aux conditions de milieu et résistant aux agents pathogènes. D'autres disciplines spécialisées, telles que la phytotechnie, la science du sol et la défense des cultures, se sont attachées à évaluer les conditions et les techniques qui permettent d'exprimer au mieux les qualités de ce nouveau matériel végétal. La notion de "paquet technique" rend bien compte des efforts déployés de façon coordonnée par les différents secteurs spécialisés de la recherche agronomique pour mettre au point des modèles cohérents de conduite de nombreuses cultures. Ces recherches, poursuivies par les institutions nationales et internationales, ont permis de faire progresser considérablement les connaissances, et leur impact a été tel dans certaines régions du monde qu'il a donné naissance au terme de "révolution verte".

Les choses semblaient alors aller de soi : il incombait à la recherche agronomique expérimentale d'élaborer des modèles techniques de progrès, aux dispositifs de vulgarisation d'en assurer le transfert, et aux agriculteurs de les adopter. Mais peu à peu le panorama s'est brouillé. Bien souvent, en effet, les nouvelles techniques n'étaient pas adoptées comme on l'espérait et les résultats obtenus par les agriculteurs n'étaient pas à la mesure des attentes. Après avoir attribué ces échecs relatifs autant à la technicité déficiente des agriculteurs qu'à l'imperfection des dispositifs d'encadrement et des modes de vulgarisation, la recherche agronomique s'est vue contrainte de s'interroger sur la validité de ses modèles techniques, et donc aussi sur ses propres démarches. Le milieu contrôlé du champ expérimental et du laboratoire ne pouvait en effet à lui seul consti-



tuer le lieu de validation de ces modèles. L'approche techniciste montrait ses limites, et les agronomes se rendaient compte que le "possible agricole" différait bien souvent du "souhaitable agronomique" de la station de recherche. Un profond renouvellement méthodologique de l'agronomie s'est ainsi engagé dans cet esprit en France, à partir des années soixante (Sebillotte, 1974), tandis que la recherche anglo-saxonne, en association fréquente avec les Centres internationaux de recherche agricole, élaborait et formalisait les démarches FSR, dans une problématique de changement technique (Norman, 1980 ; Collinson, 1982).

Il s'avérait donc indispensable pour les agronomes de se rapprocher des agriculteurs, non seulement pour comprendre les raisons de ces *gaps*, mais aussi et surtout afin de concevoir des propositions de changement technique mieux adaptées aux situations particulières. L'exploitation agricole devenait de ce fait un niveau clé d'investigation, tant pour identifier et hiérarchiser les objectifs de l'agriculteur que pour évaluer la disponibilité des facteurs de production, mettre en évidence les règles d'organisation et de décision, apprécier l'effet des interventions techniques et procéder à des bilans. C'est donc bien l'agriculteur et son système technique qui deviennent alors l'objet même de la recherche.

Les 13 communications et les 10 posters présentés dans cette première session de l'atelier 1, par-delà la diversité des expériences et des types d'agriculture concernés, témoignent tous de l'intérêt accordé à la question du changement technique et au comportement des acteurs. Les démarches présentées peuvent être regroupées en deux sous-ensembles : celles qui partent du niveau de la parcelle et du fait technique d'une part, des processus de décision de l'agriculteur d'autre part.

Pratiques des agriculteurs et fonctionnement de l'exploitation

La plupart des contributions se réfèrent à ce que font concrètement les agriculteurs, c'est-à-dire à leurs pratiques (Milleville, 1987 ; Landais et Deffontaines, 1989). Les faits techniques sont ainsi observés "en situation", dans un contexte précis, finalisé par des objectifs et dimensionné. On ne peut discourir des pratiques, comme on le fait des techniques, uniquement comme un ensemble coordonné d'opérations et de procédés élémentaires mobilisant des moyens spécifiques pour remplir une fonction déterminée. C'est bien le couple technique-acteur qui est ici en jeu, et partie intégrante d'un système. Une pratique donnée est donc un objet contingent et singulier, une technique "appropriée". Elle est concrètement observable, ses effets sont susceptibles d'être évalués, et l'agriculteur peut en parler pour justifier son choix, évoquer des alternatives, la référer à un savoir, à une histoire et à un contexte social. Il était somme toute banal, à tout le moins logique, que des agronomes s'aventurant hors de la station expérimentale en viennent à s'intéresser spécifiquement aux pratiques des agriculteurs. Mais pourquoi et comment ?



Objectifs et stratégies des agriculteurs

Une erreur courante des agronomes a sans doute été pendant longtemps de considérer (au moins implicitement) que leurs propres objectifs et critères d'efficacité étaient aussi ceux des agriculteurs. De nombreux travaux nous montrent qu'il en va bien souvent autrement, et que la recherche se doit de nuancer et de préciser les objectifs visés avant de procéder à la conception de nouveaux systèmes techniques ou à l'amélioration des systèmes existants.

Plusieurs contributions nous en donnent une démonstration convaincante. C'est ainsi que Chuma, analysant avec finesse les réactions d'agriculteurs du sud du Zimbabwe à une expérience de transfert d'une technique de billonnage mise au point en station expérimentale, en arrive à la conclusion que les objectifs de maximisation du rendement et de conservation du sol, mis en avant par la recherche, sont loin d'être prioritaires pour les agriculteurs. Il montre notamment que l'adoption de cette nouvelle technique se heurte aux exigences en travail qu'elle implique en début de saison des pluies, alors que les agriculteurs ont le souci de mettre en place le plus rapidement possible la culture de maïs afin de disposer précocement de cette production, près de deux mois avant les récoltes des autres cultures. L'objectif de sécurité alimentaire apparaît bien là comme prioritaire. Comprendre les choix techniques des agriculteurs suppose de considérer l'exploitation agricole dans son ensemble, comme un système finalisé par des objectifs et devant combiner des ressources plus ou moins rares. Cet exemple nous montre par ailleurs l'intérêt que peuvent présenter des "situations de développement" (ici le transfert d'une technique particulière) pour une recherche qui s'attache à comprendre le comportement des agriculteurs.

On trouvera un enseignement de même nature dans la communication présentée par Simbizi *et al.* sur le Burundi. Partant du constat d'une forte indépendance entre les aspects structurels et fonctionnels des systèmes de production, ces auteurs mettent en évidence que, dans ce contexte de très forte saturation foncière, les producteurs adoptent un comportement qui s'inscrit dans une logique d'autosubsistance et qui privilégie la limitation des risques et le maintien d'une certaine autonomie.

La nécessité de mieux intégrer les objectifs et contraintes des agriculteurs s'impose partout. L'évolution des politiques économiques fait que les producteurs, dans les pays les plus divers, exercent leur activité dans un contexte d'avenir de plus en plus incertain. Il devient dès lors nécessaire de considérer leurs objectifs comme évolutifs, et d'envisager des scénarios indexés à différents types de situations probables. L'étude expérimentale de systèmes de grande culture réalisée en France, dans le bassin parisien, que présentent Viaux *et al.*, vise précisément à évaluer la faisabilité et les performances techniques et économiques de plusieurs systèmes d'exploitation établis en grandeur réelle sur un dispositif expérimental, à partir d'objectifs de réduction des coûts de production et/ou du travail investi, tels que peuvent se les fixer les agriculteurs de la région, compte tenu de la diversité des situations individuelles et des réformes de la Politique agricole commune (PAC) de l'Union européenne.

Ces quelques exemples montrent, s'il en était besoin, la nécessité pour les agronomes de concevoir des propositions compatibles avec les objectifs et la situation des agricul-



teurs. En dehors de la prise en compte de la diversité, sur laquelle nous reviendrons, s'impose donc une réflexion sur la conception et la validité de nouveaux modèles techniques. On connaît l'importance que revêt pour tout agriculteur la productivité de son travail. Il est manifeste que les agronomes ont, au moins par le passé, insuffisamment tenu compte de ce critère d'efficacité, même lorsque le travail constituait le facteur de production le plus rare. Les préoccupations grandissantes accordées aux problèmes de durabilité posent par ailleurs la question de la nécessaire compatibilité à réaliser entre des objectifs qui se réfèrent à des pas de temps différents. Au sein même de l'exploitation coexistent enfin des projets et des objectifs qui peuvent se révéler concurrents, voire antagonistes : c'est souvent le cas, pour l'affectation des moyens techniques et du travail sur les différentes soles et parcelles, ça l'est encore plus lorsque coexistent dans la cellule de production familiale plusieurs acteurs qui, de par leurs statuts et les règles d'organisation sociale en vigueur, sont soumis à des obligations spécifiques tout en bénéficiant d'une certaine marge de liberté décisionnelle.

La diversité : une question centrale

La diversité occupe une place de choix dans la plupart des communications. Elle ne peut que s'imposer à tout observateur des réalités agricoles, et c'est elle qui motive en grande partie le renouvellement des conceptions en matière de changement technique. Le transfert pur et simple de modèles techniques standardisés a fait largement la preuve de son irréalisme. Il est admis depuis longtemps qu'une modulation des propositions s'impose, afin de les adapter aux situations particulières des agriculteurs. La notion de "domaine de recommandations" répond précisément à cet objectif, puisqu'il s'agit d'identifier des groupes d'exploitations susceptibles d'accueillir favorablement les mêmes recommandations. Les typologies d'exploitations procèdent de la même démarche, bien qu'elles ne soient pas toujours élaborées dans un souci aussi directement opérationnel. Dans les deux cas, le chercheur reconnaît la diversité des situations particulières, mais s'oblige à une mise en ordre de cette diversité, tant pour des objectifs de connaissance que d'action. Il est en effet nécessaire, ne serait-ce que pour des raisons pratiques, de dépasser la singularité de chaque cas rencontré.

La communication de De Steenhuijsen et Fresco est spécifiquement consacrée à cette question de la diversité. Constatant une forte variabilité des rendements du sorgho au Nord-Cameroun, les auteurs montrent que les agriculteurs s'adaptent volontiers à l'hétérogénéité du milieu. Cette hétérogénéité est même en partie un produit de leur activité, en raison notamment de la différenciation des pratiques de fumure au sein de l'espace cultivé. Des types contrastés de parcelles peuvent de ce fait y être distingués. Une diversité d'une autre nature se manifeste au niveau des exploitations agricoles, compte tenu des moyens de production dont elles disposent et des différentes zones de culture du terroir auxquelles elles ont accès.

De tels exemples pourraient être multipliés. La diversité présente, pour le chercheur, un triple statut. Elle constitue d'abord un moyen privilégié d'explicitation des phénomènes, grâce aux comparaisons qu'elle rend possibles. La variabilité du rendement d'une



culture sur un espace donné permet ainsi de mettre en place des dispositifs d'observation et de suivi visant à expliquer les écarts, en remontant des effets aux causes à travers la compréhension d'un schéma d'élaboration du rendement. Le chercheur tire alors parti de la diversité à des fins de compréhension des processus biotechniques. La deuxième attitude consiste à s'interroger sur l'existence même de cette diversité, sur ce qui la génère, et sur le comportement de l'agriculteur à son propos. Les méthodes de typologie sont alors largement mobilisées. La diversité peut être enfin valorisée dans la recherche d'alternatives destinées à résoudre un problème donné.

Plusieurs autres communications (Crétenet, Simbizi *et al.*, Enserink *et al.*) abordent explicitement ces questions de diversité. On la retrouve au centre des préoccupations de Vall, qui réalise une typologie d'exploitations agricoles au Nord-Cameroun pour préciser la place et les modes de gestion de la traction animale, avant d'engager des suivis d'animaux de trait dans un nombre plus réduit d'unités de production et d'aborder des problèmes techniques particuliers en conditions contrôlées. Une démarche similaire est mise en œuvre par Royer *et al.*, qui, s'interrogeant sur la place de l'élevage dans les exploitations agricoles de Martinique, procèdent à des enquêtes exploratoires puis à des typologies afin de mettre en évidence la diversité de la population d'éleveurs, avant de mettre en place un réseau de suivi d'exploitations.

La diversité est également mise à profit dans la recherche de solutions à des problèmes concrets. C'est en essayant de tirer parti de la diversité des réponses possibles pour lutter contre *Striga hermontica* que Versteeg *et al.* ont conçu une expérimentation chez les agriculteurs au Nord-Bénin. Après une phase d'enquête rapide destinée à évaluer l'importance régionale du problème, des essais furent installés sur les parcelles de 80 agriculteurs, afin de tester diverses alternatives techniques visant soit à limiter la prolifération du striga dans les parcelles de sorgho, soit à promouvoir d'autres types de plantes vivrières, résistantes ou tolérantes au parasite.

C'est toujours la diversité qui est mise en avant par Be Tran et Sriskandarajah à propos des systèmes de production du delta du Mékong au Vietnam. S'interrogeant sur la durabilité de systèmes combinant riziculture irriguée, élevage de crevettes et cultures pluviales, les auteurs dégagent une batterie de critères relevant de catégories très diverses (physiques, biologiques, écologiques, techniques, économiques, sociaux), qui peuvent constituer des indicateurs de durabilité, ou au contraire de non-durabilité, de ces systèmes complexes.

Les démarches et les niveaux d'analyse

Les communications et posters présentés dans cette session se réfèrent à des protocoles de recherche très variés, faisant appel à des dispositifs d'enquête et d'expérimentation ainsi qu'à la modélisation. Plusieurs démarches sont d'ailleurs le plus souvent combinées, selon un processus par étapes formalisé dès le départ, ou se construisant progressivement au cours de la recherche. A cette question se rattache celle de la pluralité des niveaux d'analyse.

A propos d'une question spécifiquement agronomique (celle de la fertilité et de la fertilisation dans les systèmes de culture cotonniers en Afrique soudanienne), Crétenet



explicite les contributions respectives de différentes méthodes. L'enquête est particulièrement adaptée à l'expression de la diversité spatiale, alors que l'expérimentation s'adresse plutôt à la dimension temporelle des phénomènes. Cette dernière permet d'acquérir des références indispensables au diagnostic et au pronostic (évaluation probable d'une situation culturelle), qui pourront être mobilisées par l'enquête à des fins de prospection ou de validation régionale. Sur des objets complexes tels que des systèmes de culture, où s'expriment l'interaction de multiples variables et la non-linéarité des processus, l'auteur montre l'intérêt de raisonner en termes de potentialité plutôt que d'ajustement. Mais surtout s'imposent de plus en plus les méthodes de modélisation et de simulation, intégrant les théories testées et validées dans une phase expérimentale antérieure, afin de s'affranchir de lourds et coûteux réseaux d'expérimentation de longue durée, et d'explorer des gammes de situations beaucoup plus étendues.

On soulignera par ailleurs l'intérêt que présentent les méthodes de modélisation, non seulement pour comprendre les réalités observables, mais aussi pour envisager d'autres alternatives et identifier des priorités de recherche pour le futur. C'est ainsi que Pearson *et al.* combinent l'enquête et la modélisation logique simple associée à un système d'information géographique (SIG) pour caractériser la distribution de plantes fourragères pâturées en Australie et envisager de nouveaux scénarios de répartition de ces espèces en évaluant l'impact du changement des "règles" qui président à leur distribution. Ils en tirent des enseignements sur les pistes de recherche à privilégier pour la mise au point de nouveaux cultivars et sur les avantages à en attendre.

La démarche expérimentale est toujours reliée au contexte de la pratique agricole. Dans leur étude expérimentale de systèmes de production en grande culture, Viaux *et al.* partent de systèmes de production existants et de nouveaux objectifs que peuvent se fixer les agriculteurs compte tenu de l'évolution des politiques agricoles, pour élaborer des modèles a priori, en évaluer les performances économiques, et les tester ensuite en grandeur réelle sur un vaste dispositif expérimental.

Plusieurs contributions relatent le déroulement de programmes de recherche-système en montrant concrètement comment se sont articulées les phases successives du travail. C'est ainsi que Doucoure *et al.* décrivent la démarche élaborée par l'équipe de recherche sur les systèmes de production et la gestion des ressources naturelles au Mali-Sud, qui combine à un diagnostic formel la méthode accélérée de recherche participative. Ces contributions mettent aussi en évidence l'inflexion progressive des diagnostics et des propositions d'action, qui procède généralement d'un élargissement concomitant du questionnement et des niveaux d'analyse. Diversité et complémentarité des méthodes et des niveaux d'approche, d'une part, flexibilité et adaptativité du programme, d'autre part, constituent à l'évidence deux caractéristiques fortes de ces recherches finalisées.

La communication de Enserink *et al.*, qui relate une expérience FSR/E en Tanzanie, en donne une excellente démonstration. Ce programme s'appuie sur la méthodologie mise au point par le *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* (CIMMYT), visant à préciser progressivement des alternatives techniques adaptées aux



conditions particulières des agriculteurs. Différentes étapes doivent se succéder mais aussi pour partie se recouvrir : zonage agroécologique, enquêtes informelles et formelles, essais et tests chez les agriculteurs, campagnes de pré vulgarisation. Trois grands types de systèmes de production rizicole ont été distingués, et les enquêtes informelles ont mis en évidence que le contrôle de l'enherbement et le maintien de la fertilité des sols constituaient les problèmes majeurs des agriculteurs. Des essais agronomiques sanctionnés par une évaluation économique ont ensuite permis de définir une formule simple et adaptée d'apport d'engrais azoté. Puis des tests ont été mis en place sur les parcelles de riz d'agriculteurs situés dans quatre vallées de cette région, afin de juger de la stabilité de la réponse de la culture à cet apport d'azote dans des conditions de production diversifiées. Ce test fut concluant, et la phase de pré vulgarisation engagée lors d'une année particulièrement sèche confirma l'intérêt de la proposition technique. Mais entre-temps les enquêtes avaient montré que le désherbage représentait une forte contrainte en travail, et que la stratégie des agriculteurs consistait, afin d'étaler les besoins en travail et de réduire les risques, à diversifier les modes de conduite du riz sur leurs différentes parcelles, et à mettre en place d'autres cultures, en particulier des variétés précoces de sorgho susceptibles de profiter de l'humidité résiduelle de la rizière en cas d'échec de la culture de riz. Au cours du programme, les questions de recherche s'étaient donc déplacées, tout comme les niveaux d'analyse. Un problème sectoriel avait dû être situé dans le fonctionnement de l'ensemble du système de culture puis du système de production, et débouchait ainsi sur des questions de gestion d'un ensemble complexe.

Un tel cheminement dans la démarche de recherche est explicitement évoqué par d'autres auteurs. C'est ainsi que Crétenet, constatant l'évolution défavorable du contexte économique, considère qu'il convient de rechercher d'autres possibilités d'équilibrage du bilan potassique dans les systèmes de culture cotonniers que le recours à des apports complémentaires d'engrais. Il préconise de tirer un meilleur parti du transfert, grâce à l'élevage, d'éléments des terres de parcours sur les terres de culture. La gestion de la fertilité et la durabilité des systèmes de culture deviennent des questions qui doivent ainsi se raisonner, non seulement à l'échelle de la parcelle, mais aussi à celle du finage, c'est-à-dire de l'espace d'activité d'une communauté d'agriculteurs.

De tels exemples de recherche nous livrent un enseignement de portée générale : la solution à un problème n'est pas toujours là où on l'attend ; autrement dit, le niveau auquel se détecte un problème n'est pas toujours le niveau où ce problème pourra être résolu. Il y a là, à n'en pas douter, une question de fond qui se pose aux recherches-système, et qui les justifie pleinement, dans une perspective d'articulation entre des finalités de connaissance et d'aide à l'action.

Autre constatation : les "recherches-système" recouvrent des contenus divers et ne peuvent donc se conformer à la mise en œuvre d'une démarche stéréotypée. S'il est possible d'adopter d'emblée un parti pris d'analyse systémique d'une réalité complexe et reconnue comme telle, il apparaît tout aussi légitime et pertinent d'"entrer dans le sys-



tème” à partir d’une question particulière, en élargissant peu à peu le cadre d’analyse. Si ce type de recherche est par nature finalisé, il doit pouvoir aborder des questions relevant de catégories et de niveaux divers, et adapter par voie de conséquence ses principes méthodologiques aux objectifs fixés.

Processus de décision et aide à la décision

Cette première série de communications souligne, avec force, l’intérêt pour les agronomes d’analyser les pratiques des agriculteurs, pour une meilleure prise en compte de la diversité des situations et des solutions à apporter. Cet intérêt grandit à mesure que s’élargit l’éventail des techniques disponibles, et que s’accroît l’incertitude dans laquelle les acteurs doivent gérer leurs exploitations, sous les effets conjugués du désengagement des Etats et de la déréglementation des prix et des filières.

Une certaine insatisfaction se dégage néanmoins de ces travaux. L’analyse des pratiques est en effet liée à leur période d’observation, et notamment aux ajustements qu’exerce l’agriculteur face à l’aléa climatique. Elle nous apprend peu sur les différentes solutions qu’il envisage et sur ses procédures de choix, sur ses modes de gestion du futur et de l’incertitude. Elle permet de poser un diagnostic sur le processus de production et ses effets sur le milieu naturel et cultivé, mais s’avère peu opérationnelle pour aider l’agriculteur à modifier ses manières d’agir. Certes, les méthodes telles que la recherche-développement facilitent le transfert de techniques simples comme le choix d’une variété ou d’une fumure. Mais elles montrent toutes leurs limites dès lors que le problème à traiter s’avère complexe et “non expérimentable” tel que l’organisation du travail sur l’exploitation, la gestion du système fourrager, ou le choix d’un assolement. Elles ne permettent pas non plus d’envisager les effets de conditions climatiques ou économiques non observées durant la phase d’expérimentation sur l’intérêt d’une innovation. Comment l’agriculteur peut-il alors évaluer la pertinence d’une solution par rapport à son problème, et le risque lié à son adoption ? Comment l’expert extérieur peut-il l’aider dans cette réflexion ?

Pour lever ces limites, il est apparu nécessaire de dépasser les pratiques pour s’intéresser aux processus de décision des agriculteurs, à savoir le cheminement de la pensée qui, à partir d’une analyse d’un problème, guide le choix d’une solution. Partant de travaux menés dans les sciences de la décision et de la gestion sur le fonctionnement des entreprises (Simon, 1976 ; Courbon, 1982), des chercheurs, agronomes, zootechniciens et économistes ont construit une théorie du comportement des agriculteurs, conceptualisant les relations entre pratiques observées, processus de décision et processus cognitifs. Ces recherches se veulent finalisées, et débouchent sur l’élaboration de démarches et outils d’aide à la décision, dont l’objectif n’est plus de prescrire des solutions mais d’aider les agriculteurs à concevoir leurs propres réponses en enrichissant leurs connaissances et leurs raisonnements. Plusieurs communications et posters présentés dans cette session se rattachent explicitement à ce courant de pensée.



De la stratégie à l'action : le concept de modèle d'action

La plupart des articles présentés ici se réfèrent à la gestion des systèmes d'élevage, et particulièrement des systèmes fourragers, que Duru *et al.* définissent comme *“le système d'information et de décision devant assurer l'alimentation des animaux, sa sécurité et la pérennité du couvert végétal”*. Mais les premiers travaux ont été menés sur la conduite des systèmes de grande culture, pour lesquels les décisions cycliques d'intervention sont plus simples à analyser (Sebillotte et Servettaz, 1989). Ils ont montré que, face à une situation, l'agriculteur cherche à se rapprocher d'une procédure d'analyse et de choix connue. Pour ce faire, il se forge d'expérience une organisation préalable des décisions à prendre, désignée sous le terme de modèle d'action (Sebillotte et Soler, 1990). Ce modèle comprend : un ou plusieurs objectifs généraux, vers lesquels convergent les décisions de l'agriculteur ; un programme prévisionnel avec des sous-objectifs et des évaluations intermédiaires mobilisant des indicateurs de contrôle ; un corps de règles qui définit à chaque étape du programme les décisions à prendre en fonction des événements futurs perçus comme possibles, et notamment les arbitrages à effectuer entre plusieurs activités ou modules décisionnels (Duru *et al.*).

Pour Girard *et al.*, le modèle d'action est assimilé à un système de pilotage par lequel l'agriculteur traduit sa stratégie en action. Le processus est complété par une phase de diagnostic, défini comme *“l'analyse de la situation après actions et la remise en cause éventuelle des règles de pilotage ou de la stratégie suivie, voire des projets”*. Le modèle d'action présente donc une certaine stabilité, tout en étant susceptible de révision si les résultats obtenus ne sont plus conformes aux objectifs poursuivis.

Les travaux réalisés sur l'organisation du travail (Papy *et al.*, 1990), la gestion de la sole d'une culture (Aubry, 1994) ou la gestion des systèmes fourragers montrent que les agriculteurs construisent leurs décisions autour d'un découpage du temps et de l'espace qui leur permet de traiter de façon hiérarchisée les incertitudes auxquelles ils doivent faire face. Leur objectif est de simplifier le traitement d'un problème en limitant le nombre d'interactions entre niveaux d'organisation et en créant des “modules protégés”, tout en conservant une cohérence à l'ensemble. Comme nous le soulignons en première partie, ce constat justifie le retour à une approche sectorielle de l'exploitation, dont les thématiques correspondent à des problèmes complexes que rencontre l'agriculteur. L'analyse de ces *“nœuds de fonctionnement de l'exploitation”* (Girard *et al.*) est cependant un moyen d'en apprécier le fonctionnement global, tout en acceptant que certaines composantes, moins directement liées au problème traité, demeurent des boîtes noires.

Le pilotage des systèmes fourragers nous donne un exemple d'organisation complexe que le concept de modèle d'action permet de représenter et d'analyser (Duru *et al.* ; Girard *et al.* ; Guérin *et al.*). Il procède d'un ensemble d'ajustements programmés entre un objectif d'entretien du couvert végétal et un objectif d'alimentation des animaux. A partir de la stratégie d'alimentation qu'il s'est définie, l'éleveur doit coordonner dans le temps et l'espace, et sous l'aléa climatique, la conduite de surfaces fourragères dont les produits serviront à nourrir des animaux eux-mêmes soumis à des conduites spécifiques et à des objectifs de production. Cette gestion conjointe d'un territoire, d'une dynamique



de troupeau, et des équilibres instantanés entre ressources et demande fourragères, se traduit concrètement par un regroupement des animaux en lots variables dans la campagne, des affectations de parcelles au pâturage ou à la récolte mécanique, le tout basé sur un corps de règles.

Cette organisation générale peut être illustrée par l'exemple d'un éleveur des marais de l'Ouest en France (Girard *et al.*). Ce dernier procède selon deux niveaux de gestion. Le premier est global et structuré autour d'un plan initial, qui découpe l'année en périodes, limitées par des dates clés en matière d'équilibre entre ressources et demande fourragères. Ce plan comprend des règles de changement de période, des règles de regroupement des animaux et des parcelles en blocs à même finalité, et des règles de rationnement. Ces règles sont stables sur une même période. Le second niveau correspond à la gestion courante, au pas de temps quotidien. On y trouve notamment les règles de changement de parcelles dans un même bloc. Cette organisation présente une régularité interannuelle, notamment des indicateurs qui déclenchent le changement de parcelles dans un bloc ou une période.

Ensembles de connaissances implicites, les modèles d'action des agriculteurs demandent à être formalisés avant de devenir le cadre d'un échange avec un expert extérieur. Cette formalisation ne nécessite pas de méthodes particulières mais un protocole structuré. Elle se base essentiellement sur des enquêtes et interviews concernant les projets et les programmes prévisionnels d'action, puis des suivis techniques permettant la confrontation entre déroulements prévu et réalisé. Cette confrontation enrichit la connaissance initiale du modèle de l'agriculteur. En phase de recherche, ce travail vise à construire un cadre de représentation spécifique au thème traité, mais suffisamment général pour intégrer la diversité des cas rencontrés. Ce cadre formera la structure d'un éventuel instrument d'aide à la décision. En situation de conseil, la formalisation du modèle d'action représente une étape dans la démarche que nous allons maintenant présenter.

L'aide à la décision : diagnostic, modélisation et simulation

Compte tenu des relations entre stratégie, modèle d'action et action, la fonction de conseil peut s'exercer à deux niveaux interdépendants : aider l'agriculteur à élaborer une stratégie pour l'action, aider l'agriculteur à maîtriser la mise en œuvre d'une stratégie donnée (Duru *et al.*). Dans le premier cas, il s'agira d'identifier les périodes clés des processus de production et les facteurs limitants qui les sous-tendent, puis de caractériser les principales règles contrôlant l'organisation des calendriers d'utilisation des ressources. L'aide au pilotage comprendra l'analyse du déroulement des opérations en temps réel, en fonction du climat, l'évaluation de la cohérence avec les stratégies poursuivies, et la confrontation des indicateurs de fonctionnement et de résultats utilisés par l'agriculteur avec ceux que nous donne la connaissance agronomique.

Le diagnostic formulé par l'expert extérieur, qu'il soit chercheur ou conseiller agricole, sera construit autour de deux points de vue. Celui de l'agriculteur d'abord : a-t-il réussi ce qu'il voulait entreprendre ? Quels sont les points de blocage de son modèle ? Mais l'expert conserve sa faculté essentielle de poser un jugement extérieur sur les choix



effectués par l'agriculteur : ses indicateurs sont-ils pertinents ? Y aurait-il moyen d'opérer différemment, voire de changer d'objectifs et de stratégie ? Ce faisant, il amène l'agriculteur à confronter ses connaissances à des normes extérieures, dans un processus d'autodiagnostic (Bourgine, 1989). En retour, il enrichit sa connaissance du modèle d'action de l'agriculteur.

Cette première phase d'échange de connaissances entre l'expert et l'agriculteur s'appuie sur un cadre de représentation des processus de décision adapté au thème traité, et conçu préalablement à partir d'études de cas détaillées. Ce cadre est générique dans la mesure où il doit être utilisable sur des exploitations très diverses. Mais il doit permettre de construire une représentation spécifique à chaque exploitation. Le cadre proposé pour l'organisation du travail est ainsi structuré autour d'un découpage du temps et de l'espace en trois niveaux : les chantiers, niveau opérant où sont mobilisés matériel et main-d'œuvre, les enchaînements de chantiers sur des blocs de surfaces traitées de façon homogène, les périodes au cours desquelles se définissent les règles de priorité entre enchaînements et chantiers (Attonaty *et al.*, 1990). Sur des principes similaires, Girard *et al.* proposent un cadre de représentation adapté à la complexité des systèmes fourragers, intégrant les relations entre trois niveaux d'organisation allant de l'opération technique à la sole fourragère en passant par les parcelles.

Jusqu'ici l'échange de connaissances entre expert et agriculteur n'a mobilisé que des techniques simples d'enquêtes et d'interviews. Ces procédures atteignent leurs limites dès lors que l'un ou l'autre désire estimer les effets d'un changement technique ou organisationnel sur le modèle d'action actuel, et évaluer les risques pris vis-à-vis du climat ou des conditions économiques. Sur des problèmes complexes tels que la gestion des systèmes fourragers ou l'organisation du travail, cet exercice s'avérera rapidement fastidieux et coûteux s'il doit être réalisé manuellement sur un grand nombre de scénarios. Pour lever cet obstacle, ces recherches ont profité des progrès effectués dans les langages informatiques, et notamment le développement de l'intelligence artificielle, pour déboucher sur des logiciels permettant de reproduire, sous une forme simplifiée, les modèles d'action des agriculteurs.

Le logiciel OTELO (Organisation du travail et langage à objets) représente la forme actuellement la plus aboutie de cette approche. Construit autour du cadre de représentation de l'organisation du travail dans les exploitations de grande culture, il comprend un langage dédié dont le vocabulaire reproduit les termes couramment utilisés par les agriculteurs lorsqu'ils gèrent leurs calendriers de travail. Une fois formulé et transcrit sous informatique, le modèle d'action spécifique à une exploitation est simulé sur un grand nombre de scénarios climatiques tirés d'une station météorologique proche du cas étudié. Les sorties obtenues (calendriers de travail globaux et par opération, plans de charge des matériels, etc.) sont soumises à la réflexion de l'agriculteur. Celui-ci peut alors mesurer les risques que lui fait prendre son organisation actuelle, proposer des modifications qui seront intégrées dans le modèle initial pour être elles-mêmes simulées.

Dans ce processus itératif autour duquel se construit l'amplification du raisonnement du décideur, l'expert intervient à plusieurs niveaux : en formalisant le modèle d'action



initial et les connaissances de l'agriculteur, en traduisant ce modèle en langage informatique et en effectuant les simulations, en discutant leurs résultats, et en proposant lui-même des modifications au modèle initial. Chaque étape de la démarche est source de discussions et participe à la construction d'une connaissance commune entre les deux acteurs. Cette démarche est actuellement expérimentée en France, en situation de développement.

L'instrumentation informatique des modèles d'action facilite par ailleurs l'articulation des modes de gestion spécifiques à chaque agriculteur avec des modèles biotechniques plus généraux, mais adaptés à la diversité des milieux et des modes de conduite (Granger et Balent). L'objectif est de mesurer par simulation les effets d'une stratégie sur le milieu naturel, la parcelle cultivée ou le troupeau, en fonction du risque climatique, ou de définir une stratégie permettant d'atteindre un objectif de production. De telles articulations stimulent l'échange entre disciplines scientifiques, à travers la recherche de nouvelles références techniques et agronomiques. Celle-ci doit prendre en compte les conditions de production des agriculteurs jusqu'à leurs modes spécifiques d'organisation, et la possibilité de se connecter à des modèles à base de connaissance tels que OTELO. Sur ce plan, Granger et Balent, cherchant à modéliser l'évolution d'une prairie permanente sous l'effet du milieu et des pratiques agricoles sur un pas de temps long, soulignent les difficultés d'intégrer des mécanismes dont les niveaux d'organisation diffèrent.

Duru *et al.* ont, pour leur part, élaboré un modèle agronomique permettant de relier des modes de gestion de la sole fourragère avec des quantités et qualités de fourrages produits. De même, Ducrocq *et al.* modélisent la croissance du couvert d'une prairie à partir de son état initial, de la nutrition azotée et des paramètres climatiques. Pour être utilisables dans les conditions de la pratique agricole, ces modèles doivent pouvoir fonctionner à partir de paramètres facilement mesurables sur le terrain. En effet, ces paramètres sont autant d'indicateurs que l'agronome et l'agriculteur utiliseront pour juger d'une situation et déclencher une action. A partir de leur modèle de croissance, Ducrocq *et al.* proposent ainsi d'utiliser la hauteur d'herbe à un instant "t" et des valeurs seuils pour décider si une parcelle doit être retirée ou ajoutée au pâturage.

Cette notion d'indicateur a une portée plus générale puisqu'elle fait également partie intégrante du modèle d'action des agriculteurs, à la fois comme condition de déclenchement de règles et comme instrument d'évaluation des résultats de l'action. Dans une perspective de modélisation, Girard *et al.* en distinguent trois grands types : ceux qui peuvent être tirés tels quels du système d'information disponible (exemple : la température de l'air) ; ceux qui ne sont pas directement modélisables, et qui n'ont pas d'équivalent agronomique modélisable ; ceux qui ne sont pas directement modélisables mais peuvent être traduits en indicateur agronomique mesurable *in situ*. Le deuxième cas renvoie à la production de nouvelles références techniques à partir de méthodes expérimentales classiques, mais dont les résultats devront se présenter sous la forme de modèles biotechniques opératoires et d'indicateurs accessibles aux agriculteurs et aux experts.

Le troisième cas est illustré par la contribution de Cerf *et al.*, concernant la simulation des conditions d'intervention dans les parcelles de grande culture. Ils notent tout



d'abord que, pour une même opération, les agriculteurs n'ont pas tous les mêmes règles d'intervention en fonction de l'état du sol et du climat, et qu'un même agriculteur peut modifier ses règles au cours du temps en étant moins exigeant lorsqu'il prend du retard dans son calendrier. Ce constat remet en cause la notion de jour disponible, norme d'expert déterminée en fonction d'un objectif fixé de qualité de travail, des relations technique-milieu, et d'une analyse fréquentielle du climat.

Dans le cas présenté, les agriculteurs utilisent un indicateur de virement de couleur du sol en surface pour décider de la reprise du labour au printemps. Cet indicateur n'est pas modélisable en soi, mais les auteurs montrent qu'il correspond à une certaine valeur d'humidité du sol, et qu'il se justifie par rapport au risque de compactage que cherchent à éviter les agriculteurs. Ils élaborent ensuite, à partir de suivis au champ de profils hydriques, un modèle simple de ressuyage, où le sol est assimilé à un réservoir se remplissant avec les pluies et se vidant sous l'action de l'évapotranspiration potentielle. Ce modèle est ensuite intégré à OTELO, pour tenir compte dans les simulations de l'organisation du travail, des conditions d'intervention lors de cette opération. Ils concluent sur l'intérêt d'utiliser des modèles physiques déterministes pour générer des données qui serviront à caler des modèles plus simples mais opératoires dans les conditions de la pratique agricole.

Dans ce souci de coupler différents instruments de traitement de l'information aujourd'hui disponibles, Guérin *et al.* utilisent un système d'information géographique pour représenter les déplacements des troupeaux dans l'espace, faciliter l'identification des règles de conduite, porter un diagnostic sur l'utilisation des ressources par rapport au projet de l'éleveur. Dans des pays où les agriculteurs sont peu familiers avec l'abstraction graphique, on peut imaginer qu'un tel outil serait également utile pour projeter des résultats de simulation sur leur espace d'activité (périmètre irrigué, territoire villageois), et les rendre ainsi plus intelligibles. Sur un autre plan, Vaquer *et al.* présentent un système d'information transdisciplinaire (SIT) ayant pour objectif de faciliter l'échange de connaissances entre chercheurs de disciplines multiples, en préalable à tout exercice de modélisation d'un système complexe.

Cette utilisation accrue de la modélisation dans un objectif d'aide à l'action ne doit pas occulter les limites, pièges et difficultés de ces techniques. Molle et Valette en présentent un certain nombre, à partir d'une distinction entre modèles basés sur le type de processus représenté (biophysiques ou anthropisés) et l'échelle abordée (spécifique ou globale). La validation des modèles et des connaissances qui les sous-tendent pose des problèmes particuliers dès lors que l'on s'intéresse aux comportements humains. En effet, ceux-ci disposent "*d'espaces de liberté infiniment supérieurs*" aux processus biotechniques, dont la modélisation est généralement validée par sa capacité prédictive. Or les modèles anthropisés amènent à simplifier la complexité du réel, et doivent être prospectifs s'ils veulent conserver une certaine utilité.

Les auteurs insistent également sur les dangers de "sacralisation" de l'outil, amenant à confondre réalité et représentation du réel dans l'orientation des décisions à prendre. Or un modèle est le plus souvent réducteur, même s'il cherche à intégrer une multitude de connaissances diverses mais pas forcément suffisantes pour représenter la globalité



du système étudié. Notons que la démarche présentée dans cette partie adopte une position originale, en faisant du travail de modélisation un construit commun à l'expert et l'agriculteur dont la validation se fera "par l'usage", en fonction de sa capacité à rendre compte de la perception qu'a l'agriculteur de sa situation, et de son influence sur les décisions effectivement prises.

Conclusion

Les différentes contributions de cette session présentent une diversité d'éclairages et de démarches visant toutes à améliorer la connaissance du comportement des agriculteurs et, au-delà, à les aider dans leurs prises de décision. Les problèmes traités, les niveaux et méthodes d'analyse, les outils d'aide à l'action proposés suscitent un ensemble de questions autour de trois grands thèmes, récurrents dans la plupart des communications pour les deux premiers, ou au contraire absent pour le troisième.

Approche globale des exploitations ou entrée sectorielle ?

Dans une perspective de recherche finalisée par la problématique du changement technique, est-il préférable d'appréhender d'emblée l'exploitation dans sa globalité, ou bien de partir de questions techniques particulières en élargissant progressivement le cadre d'analyse et d'intervention ? Toutes les questions techniques relèvent-elles du même degré de complexité ? Quelles sont les démarches à privilégier dans les différents cas ?

Quelle utilité et quelles utilisations de la modélisation ?

Les progrès informatiques élargissent le champ d'utilisation de la modélisation à la représentation des comportements des acteurs. En quoi cette évolution est-elle bénéfique à l'enrichissement des connaissances des experts (chercheurs et conseillers agricoles) ? En quoi peut-elle améliorer l'efficacité de la fonction de conseil ? Comment peut-elle concourir à l'exercice de la pluridisciplinarité ? Quelles sont les limites de ces méthodes et comment en envisager la validation ?

Comment élargir ces démarches à des niveaux d'organisation supérieurs à l'exploitation agricole et à une pluralité d'acteurs ?

La recherche est de plus en plus sollicitée pour traiter de problèmes dont la gestion relève d'acteurs multiples, particulièrement en région tropicale. Est-il nécessaire de développer des démarches spécifiques à ces domaines d'étude ? Comment associer les sciences biotechniques et sociales autour de ces questions ? Quelles démarches de conseil, quels outils de simulation imaginer, pour stimuler une réflexion collective autour des processus de négociation propres à ces situations ?

Si les débats tenus au cours de la session ont donné certains éclairages sur ces interrogations, elles demandent pour la plupart à être approfondies dans nos recherches futures.



Références bibliographiques

- Attonaty J.M., Chatelin M.H., Poussin J.C., Soler L.G., 1990. Un simulateur à base de connaissance pour raisonner équipement et organisation du travail en agriculture. *In : Représentation, modélisation, développement*, P. Matarasso éd., Montpellier, France, Agropolis, p. 301-314.
- Aubry C., 1994. De la parcelle cultivée à la sole d'une culture : des échelles complémentaires de conception des références techniques. *In : Recherches-système en agriculture et développement rural*, Montpellier, France, CIRAD, p. 519-525.
- Bourgine C., 1989. *Contribution à une théorie de l'automodélisation. Application au développement de systèmes d'aide au diagnostic global d'exploitation agricole*. Thèse de doctorat en ingénierie des organisations économiques, Université d'Aix-Marseille III, France, 236 p.
- Collinson M.P., 1982. *Farming system research in Eastern Africa: the experience of CIMMYT and some National Research Services, 1976-1981*. East Lansing, Michigan, USA, Michigan State University, International Development (Paper n° 3).
- Courbon J.C., 1982. Processus de décision et aide à la décision. *Economie et Sociétés, série Sciences de gestion*, 3, tome XVI, 12 : 1466-1476.
- Landais E., Deffontaines J.P., 1989. *Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. Etudes rurales*, 109 : 125-158.
- Milleville P., 1987. Recherches sur les pratiques des agriculteurs. *Les Cahiers de la Recherche-Développement*, 16 : 3-7.
- Norman D.W., 1980. *The farming systems approach: Relevancy for the small farmer*. East Lansing, Michigan, USA, Michigan State University, International Development (Paper n° 8).
- Papy F., Aubry C., Mousset J., 1990. Eléments pour le choix des équipements et chantiers d'implantation des cultures en liaison avec l'organisation du travail. *In : La structure du sol et son évolution*, J. Boiffin et A. Marin-Lafèche éd., Paris, France, INRA, p. 157-185 (Les Colloques de l'INRA, n° 53).
- Sebillotte M., 1974. Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. *Cah. ORS-TOM, sér. Biologie*, 24 : 3-25.
- Sebillotte M., Servettaz L., 1989. Localisation et conduite de la betterave sucrière. L'analyse des décisions techniques. *In : Fertilité et systèmes de production*, M. Sebillotte éd., Paris, France, INRA, p. 308-344.
- Sebillotte M., Soler L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs. Première partie : acquis et questions vives. *In : Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation*, J. Brossier, B. Vissac et J.L. Le Moigne éd., Paris, France, INRA, p. 93-101.
- Simon H.A., 1976. *Administration behaviour: A study of decision-making processes in administrative organization*. 3e édition. Traduction française 1983, Paris, France, Economica, 322 p.

Communications présentées au symposium

- Variations on a Theme: Conceptualizing System Diversity with Examples from Northern Cameroon. DE STEENHUIJSEN PITERS B. ; FRESCO L. O.
- La modélisation des conditions d'intervention au champ en grande culture. CERF M. ; MOUSSET J. ; ANGEVIN F. ; BOIZARD H. ; PAPY F.
- From Farming Systems Research and Extension to Zonal Strategies: Rice Research in Sukumaland, Tanzania. ENSERINK H. J. ; BUNYECHA K. F. ; MEERTENS H. C. C. ; KAJIRU G. J. ; BAGARAMA F.
- Propositions pour l'aide à la gestion des ressources fourragères: une approche système articulant enquête, expérimentation et simulation. DURU M. ; BELLON S. ; CHATELIN M.H. ; FIORELLI J.L. ; GIBON A. ; HAVET A. ; MATHIEU A. ; OSTY P.L.



- Intégration de méthodes et outils analytiques dans une démarche recherche-système. Application à la prairie permanente. GRANGER S. ; BALENT G.
- Comprendre et représenter l'organisation spatiale des systèmes techniques. L'élevage ovin extensif du sud du Massif central (cause Méjan, France). GUÉRIN G. ; LARDON S. ; OSTY P.L. ; TRIBOULET.
- Expérimentation des systèmes de culture dans les pays tropicaux. Cas des zones cotonnières d'Afrique noire. CRETENET M.
- Etude spatio-temporelle des systèmes de production agricole. Le cas du Burundi. SIMBIZI J. ; VERHAEGEN E. ; DEGAND J. ; D'HAESE L.
- Contribution of Different Evaluation Methods to the Understanding of Farmers' Decisions on Adoption and Adaptations of Innovations. Experiences from the Development of a Conservation Tillage System in southern Zimbabwe. CHUMA E.
- Quelques réflexions sur l'apport de la modélisation dans les recherches-système. MOLLE F. ; VALETTE F.
- Formalisation des relations entre stratégie et pilotage dans les systèmes fourragers. Propositions pour la conception d'instruments d'aide à la décision. GIRARD N. ; HAVET A. ; CHATELIN M.H. ; GIBON A. ; HUBERT B. ; RELIER J.P.
- Etude expérimentale de systèmes de production en grande culture. VIAUX P. ; LEMAITRE G. ; GOUET J.P. ; ROBERT D.
- Research Management: Combining Diverse Methods to Provide a Basis for Estimating Benefits and Identifying Priorities for Agricultural Research. PEARSON CRAIG J. ; HILL MICHAEL J. ; ARCHER KEN A.
- Sustainability of a Rice–Prawn Farming System in Vietnam (P). BE TRAN T. ; SRISKANDARAJAH N.
- Un outil transdisciplinaire pour l'intégration des données en recherche-système : application à la riziculture camarguaise (P). VAQUER C. ; SOTO P. ; BARBIER J.M. ; BOUCHIER A. ; MOURET J.C. ; SCHILIZZI S.
- Effective Participatory Research Involving Farmers, Nongovernment Organizations, National Agricultural Research Systems, and International Agricultural Research Systems, to Improve Food Security in Northern Benin (P). VERSTEEG M. ; ADNGUIDI J. ; DJENOTIN J. ; NONFON R.
- Mise en place d'un réseau de suivi de systèmes d'élevage. L'élevage bovin en Martinique (P). ROYER V. ; HUGUIN A. ; RAVISÉ J.-F. ; PAUL J. L.
- Une approche de la traction animale dans le bassin cotonnier du Nord-Cameroun (zone soudano-sahélienne) (P). VALL E.
- Démarche de recherche pour l'aide à la gestion du pâturage tournant. Cas d'élevages laitiers du sud-ouest de la France (P). DUCROCQ H. ; BOSSUET L. ; DURU M.
- Complémentarité entre la méthode accélérée de recherche participative thématique et le diagnostic formel. Cadre conceptuel et expériences en zone Mali-Sud (P). DOUCOURE HAMADI S. ; DEFOER T. ; KAMARA A. ; BRONS J.
- Agricultural Systems Research Towards Improved Rural Livelihoods: An Experience in the Highlands of Central Mexico (P). ARRIAGA J., C.M.; BASTIDA H., A.; CASTELAN O., O.A.; CHÁVEZ M., M.C.; FLORES A., J.J.; GONZÁLEZ E., C.E.; NAVA B., E.G.; NICASIO R., A.; SÁNCHEZ V., E.; VELÁZQUEZ B., L.G.



From Technical Transfer to Decision-Making Aid

Pierre-Yves Le Gal¹; Pierre Milleville²

¹ CIRAD, Montpellier, France

² ORSTOM, Montpellier, France

Agronomic research has always had as a principal mission the establishment of bases for technical change in agriculture. The experimental station was, for a long time, a privileged, if not exclusive, place for the development of new technical models which were then transferred to farmers. The role played by geneticists and breeders in the selection of plant varieties that are more productive, better adapted to local conditions, and resistant to pathogens is well known. Other specialized disciplines such as crop science, soil science, and crop protection are concerned with the evaluation of the conditions and techniques for getting the best out of the new varieties. The notion of the “technical package” takes into account the efforts deployed in a coordinated fashion by the different specialized sectors of agronomic research in the formulation of coherent models of management for many crops. This research, followed by national and international institutions, has allowed a considerable progress in knowledge, and its impact has been such that in some parts of the world it has given rise to the term “green revolution.”

Everything seemed to be proceeding by itself: experimental agronomic research was responsible for the development of progressive technical models with extension plans to ensure the transfer to the farmers, who would adopt them. However, the panorama became progressively more blurred. In fact, quite often, the new techniques were not adopted as it was hoped and the results obtained by farmers were not up to expectations. After having attributed these relative setbacks as much to the farmers’ lack of technique as to imperfections in extension organizations and methods, the agricultural research had to question the validity of its technical models, and therefore its processes. The



controlled environments of the experimental field and the laboratory could not effectively validate these models alone. The technical approach was revealing its limits, and agronomists were realizing that the “agriculturally possible” was often not the same as the “agronomically desirable” at the research station. A complete methodological renewal of agronomy was begun in France in the ‘60s (Sebillotte 1974), whereas Anglo-Saxon research, often in association with International Agricultural Research Centers (IARC), elaborated and formalized Farming Systems Research (FSR) to consider the issues of technical change (Norman 1980, Collinson 1982).

It therefore appeared indispensable that the agronomists get closer to the farmers, not only to understand the reasons for the gaps, but especially to design propositions to make technical changes that are better adapted to specific situations. The farm became in this way a key level for inquiry, as much for identifying and organizing the farmers’ objectives into a hierarchy as for (i) evaluating the availability of production factors (ii) defining organizational and decision-making rules (iii) estimating the effects of technical operations, and (iv) making assessments. The farmer and his technical system have therefore become a major subject for research.

All thirteen papers and ten posters that were presented at this first session of workshop 1, covering the diversity of the experiments and types of agriculture concerned, are concerned with the questions of technical change and the social actors’ behavior. The approaches presented can be grouped into two categories: those based on the plot level and on its technical aspect, and those considering the farmers’ decision making.

Farmers’ Practice and Farm Operation

Most of the papers and posters refer to what farmers do concretely, that is, their practices (Milleville 1987; Landais, Deffontaines 1989). Technical events are thus observed *in situ* in a precise context, finalized by their objectives, and related to space. Practices cannot be discussed, the way techniques can, only by means of a coordinated series of operations and elementary procedures, mobilizing specific means to accomplish a determined function. The technique/actor couple that is in play here is an integral part of the system. A given practice is therefore a contingent and singular subject, an “appropriate” technique. It is concretely observable, its effects are susceptible to evaluation, and the farmer can talk about it to justify his choices, evoke alternatives, and refer to knowhow, history, and social contexts. It was commonplace but logical that the agronomists started to venture outside their experimental stations and took a specific interest in farming practice, but why and how?

Farmers’ Objectives and Strategies

A common error of agronomists has been, no doubt for a long time, to consider (at least implicitly) that their own objectives and criteria of efficiency were the same as those of the farmers. There is much work that shows that it is often otherwise, and



research must qualify and clarify its desired objectives before designing new technical systems or improving existing systems.

Several contributions give convincing demonstrations of this result. For example Chuma, finely analyzing farmers' reactions in South Zimbabwe to a transferred experiment for a ridging technique developed at an experimental station, comes to the conclusion that yield maximization and soil conservation, brought to the fore by research, are far from being a priority for farmers. It shows, notably, how the adoption of this new technique clashes with the work requirements that are needed at the beginning of the rainy season, when the farmers need to plant the maize crop as quickly as possible to be able to have an early harvest, almost two months before the other crops. In this case, food security appears to take priority. Understanding farmers' technical choices necessitates considering the whole farm as a system defined by objectives and constrained to combine more or less scarce resources. This example shows, furthermore, the value that "development situations" (in this case, a technology transfer) present for research which is trying to understand farmers' behavior.

A lesson of the same sort can be found in the communication presented by Simbizi *et al*, in Burundi. Acknowledging a considerable independence between the structural and functional aspects of production systems, the authors demonstrate that, in a situation of land use saturation, the producers adopt behavior that is within the logic of autosubsistence, favors risk limitation, and maintains a certain autonomy.

The necessity of integrating the farmers' objectives and constraints better is essential in general. The evolution of economic politics means that producers, in very different countries, exercise their activities in the context of a future that is more and more uncertain. It is therefore becoming necessary to consider farmers' objectives as evolving, and to imagine scenarios that are linked to the different types of probable situations. The experimental study of industrial cropping systems carried out in the Parisian basin of France presented by Viaux *et al* aims precisely at evaluating the feasibility and the technical and economic performances of several farming systems in a full-scale set-up in an experimental context, with the objectives of reducing production and/or costs in a way that could be used by local farmers, taking into account the diversity of individual situations and reforms in the Common Agricultural Policy (CAP) of the European Union.

These few examples show the need for agronomists to design, if necessary, propositions that are compatible with farmers' objectives and situations. Apart from diversity, which will be considered later, a reflection on the conception and validity of new technical models is needed. The emphasis that farmers put on labor productivity is well known. It is evident that agronomists have not taken this criterion of efficiency into account, at least in the past, even when labor is the most exceptional factor. Growing concerns with the problem of sustainability set, furthermore, the issue of the accounting systems required to deal with objectives on different time scales. Within a farming system, projects and objectives which would seem concurrent, or even antagonistic, coexist. This is often the case in the assignment of technical means and labor on different areas and plots. It is even more important in a family farming system with several actors,



because their status and the rules of social organization determine specific obligations, although they benefit from a certain margin of freedom in decision making.

Diversity, a Central Issue

Diversity occupies a privileged place in most of the contributions. Any observer of agricultural realities must recognize this; it is the motivating factor for most of the renewal in the concepts of technical change. The simple transfer of standardized technical models has more than demonstrated that it is unrealistic. For a long time, it has been admitted that a modification of propositions is necessary to be able to adapt them to farmers' individual situations. The notion of the "domain of recommendations" responds exactly to this objective, since it consists in identifying groups of farmers that are susceptible to accepting the same recommendations favorably. The typologies of farms follow the same approach, although they are not always developed with the same direct operational concerns. In both cases, the researcher recognizes the diversity of individual situations, but it is essential to put some order into this diversity as much for the objectives of knowledge as for action. Effectively, it is necessary, if only for practical reasons, to go beyond the singularity of each case encountered.

De Steenhuijsen and Fresco's communication is specifically devoted to the issue of diversity. Observing a large variability in sorghum yields in North Cameroon, the authors show that the participants freely adapt to the heterogeneity of the environment. This heterogeneity is even, in part, due to the farmers' activities, notably in the differences in fertilizing practices within the cultivated area. Contrasting types of plots can be distinguished thus. Another form of diversity is revealed at the farm level, taking into account the means of production that the farms use and the different cropping zones on the land on which the farmer has access.

There are many other such examples. For the researcher, diversity has a triple status. Firstly, it consists of a favored means of explaining phenomena because of the comparisons that it makes possible. Yield variability of a crop on a given plot thus allows the setting up of observational and monitoring mechanisms, which aim to explain the differences, coming back to the effects from the causes through the study of a yield improvement scheme. The researcher therefore takes advantage of diversity to understand biotechnical processes. The second approach consists in questioning the nature of the existence of this diversity, what causes it, and the behavior of the farmer towards it. Typological methods are therefore widely used. Diversity can then finally be developed in the research for alternatives destined to resolve a given problem.

Several other communications (Crétenet, Simbizi *et al.*, Enserink *et al.*) touch explicitly on the issues of diversity. It is found at the heart of the concerns of Vall, which makes a typology of farms in North Cameroon in order to clarify the position and the management methods of animal traction before monitoring draught animals in a smaller numbers of production units, and to tackle special technical problems in controlled conditions. A similar approach is developed by Royer *et al.*, which inquires into the place of husbandry on farms in Martinique, starting with exploratory investigations, then



moving to typologies and finally bringing to the fore the diversity in the population of livestock farmers, before setting up a monitoring network.

Diversity is equally used in the research into solutions to concrete problems. In trying to take advantage of possible solutions in the control of *Striga hermontica*, Versteeg *et al* have conceived an experiment with farmers in Northern Benin. After a quick inquiry phase to assess the regional importance of the problem, trials were installed on the plots of 80 farmers to test different alternative techniques aiming either to limit striga proliferation in sorghum plots or to promote other types of crop plants that are resistant or tolerant to the parasite.

Again, diversity is put in the forefront by Be Tran and Sriskandarajah on production systems in the Mekong Delta in Vietnam. Inquiring into the sustainability of systems combining irrigated rice growing, prawn farming, and rain-fed farming, the authors distinguish a series of criteria coming from very diverse categories (physical, biological, ecological, technical, economic, and social) which behave as sustainability indicators or, on the contrary, nonsustainability indicators in these complex systems.

Approaches and Analysis Levels

The papers and posters presented at this session refer to a very varied research protocol and resort to inquiry, experimentation mechanisms, and also modeling. Furthermore, many approaches are often combined, following a process of steps formalized from the start, or building progressively during the research. To this issue is added that of the plurality of analytic levels.

On a specifically agronomic question (fertility and fertilization in Sudanian African cotton-based cropping systems) Crétenet explains the respective advantages of different methods. The investigation is especially adapted to the expression of spacial diversity, whereas the experimentation is addressed more to the temporal dimension of the phenomena. The latter allows indispensable references for diagnosis and prognosis (probable evolution of the crop) to be acquired, which could be mobilized by the investigation for use in regional prospecting and validation. On complex subjects such as cropping systems with the interaction of multiple variables and the nonlinearity of the processes, the author shows the value of reasoning in terms of potentiality rather than adjustment. However, modeling and simulation are being used more and more, integrating theories that have been tested and validated in earlier, experimental phases and freeing them from heavy, costly, and lengthy experimentation networks, which also explore too broad a range of situations.

The value presented by methods of modeling will be pointed out elsewhere, not only for understanding observable realities, but also for envisaging other alternatives and identifying the priorities for research for the future. In this way Pearson *et al* combine survey and simple logic modeling associated with a geographic information system to characterize the distribution of forage plants grazed in Australia and to envisage new scenarios for the distribution of these varieties by evaluating the impact of the changing of the “rules” that govern their distribution. They draw on information from research to



encourage the development of new cultivars and the advantages to be expected from them.

The experimental approach is always linked to the context of farming practice. In their experimental study on crop-based farming systems, Viaux *et al* started with existing farming systems and the new objectives that might interest farmers considering the evolution of agricultural politics, to improve *a priori* the models by evaluating their economic performance and testing them afterwards on a vast, life-sized scale.

Several communications relate to the development of farming systems research programs by showing concretely how the successive phases of work are articulated. This is how Doucoure *et al* describe the approach developed by the research team on farming systems and natural resource management in Southern Mali, which combines a formal diagnosis with the accelerated participative research method. These contributions underline a progressive reorientation of diagnosis and action propositions related to a concomitant widening of questioning and analytic levels. On one hand, diversity and complementarity of methods and levels of approach, and on the other, the flexibility and adaptability of the program evidently constitute two strong characteristics in the finalized research.

The communication by Enserink *et al*, relating to a Farming Systems Research and Extension (FRSE) experiment in Tanzania, is an excellent example. This program is based on the methodology developed by CIMMYT (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*), aiming to progressively clarify alternative techniques adapted to farmers' individual conditions. Different stages should succeed each other but should also partially overlap: agroecological zoning, formal and informal investigations, on-farm trials and tests and pre-extension campaigns. Three major types of rice-production systems were distinguished, and the informal investigations identified that weed control and soil fertility maintenance were the farmers' principal problems. Agronomic trials, coupled with an economic assessment, finally allowed the characterization of a simple and adapted formula for nitrogen fertilizer application. Then, tests were carried out on plots of the farmers' rice situated in four valleys in the region to judge the stability of the crop reaction to nitrogen application in diversified farming conditions. This test was conclusive in the pre-extension phase during a particularly dry year and confirmed the value of this technical proposition. However, in the meantime, investigations demonstrated that weeding represented a major labor constraint and that the farmers' strategy was to spread out the labor needs and to reduce risks by diversifying rice-plot management and, on some plots, by planting other crops, especially early varieties of sorghum, able to benefit from the residual moisture of the rice field, in case the rice crop failed. During the program, research issues were displaced, as were the analytic levels. From a sectorial problem situated in the global operation of the cropping and farming system, issues related to management of a complex system were questioned.

Similar progress in research approaches is explicitly evoked by other authors. Crétenet, noting an unfavorable development in the economic context, considers that it



is necessary to find other possibilities to balance the potassium levels in the cotton cropping system by means other than artificial fertilizers. He recommends using livestock to take advantage of the transfer of minerals from pasture to cultivated land. Fertility management and the durability of cropping systems become issues that should not be considered on the scale of the plot but rather on that of the territory where the whole farming community develops its activities.

The above examples of research lead to a general rule: the solution to a problem is not always found where it is expected. In other words, the level at which a problem is detected is not always the level at which it can be resolved. There is undoubtedly a basic issue here for systems research, which also fully justifies its existence: the attainment of a balance between intellectual conclusions and aid to action.

Another observation: “systems research” covers a range of subjects and is therefore unable to conform to the implementation of a stereotypical approach. If it is possible to assume the immediate adoption of the systemic analysis of a recognized complex reality, it appears equally legitimate and relevant to “enter the system” from a specific question by widening little by little the frame of analysis. If this form of research is by nature concerned with problems of development, it must be able to tackle the relevant issues of the diverse categories and levels, and consequently adapt these methodological principles to specific objectives.

The Decision-Making Process and Help in Decision Making

The first series of communications emphatically points out the value for agronomists in analyzing farmers’ practices to better take into account the diversity of situations and the solutions to offer. This value increases as the range of available techniques widens and the uncertainty under which actors must manage their farms grows, due to the combined effects of state turnover and deregulation of prices and commodity chains.

Such work, however, creates a certain dissatisfaction. The analysis of practices is linked to the time of observation, and notably to the adaptations that the farmer must make to deal with climatic problems. It teaches little about the different solutions that he envisages and the selection process in managing an uncertain future. It gives a diagnosis of farming processes and their effects on the natural and cultivated environment but does not prove operational for helping the farmer to modify his practices. Certainly, methods such as research and development ease the transfer of simple techniques such as the choice of fertilizer. However, these methods show all their limitations when the problem in question is complex and “nonexperimentable,” such as work organization on the farm, forage system management, and cropping plan choice. Nor does it allow prediction of the effects of climatic and economic conditions that were not observed during the experimental phase on the value of the innovation. How then can the farmer evaluate the relevance of a solution in relation to his problem and the risks linked to its adoption? How can an external expert help with this reflection?



To extend its limits, it appears necessary to go beyond practice and take interest in farmers' decision-making processes, knowing the development of the thought which, from the analysis of a problem, has guided the choice of a solution. Starting from the research conducted in the decision and management science (Simon 1976, Courbon 1982), some researchers, agronomists, livestock scientists, and economists have formulated a theory of farmers' behavior, conceptualizing the relations between observed practices, the decision-making process, and the cognitive process. This research claims to be operational and to lead to the improvement of approaches and tools for decision support. The main objective is no longer to prescribe solutions but to help farmers formulate their own responses by enriching their knowledge and reasoning. Several papers and posters presented in this session are explicitly connected with this line of thought.

From Strategy to Action: the Concept of the Action Model

Most of the articles presented at the symposium concerned livestock management systems, particularly forage systems, which Duru *et al* define as *“the information system and decision making in assuring animal feeding, its security, and the sustainability of the plant cover.”* The original work, however was on the management of arable cropping systems, for which regular operation decisions are easier to analyze (Sebillotte, Servettaz 1989). They demonstrated that, faced with a given situation, the farmer seeks a known process of analysis and choice. To do this, he conceives through experience a prior organization of the decisions to be made, called the “action model” (Sebillotte, Soler 1990). This model consists of one or several general objectives towards which the farmers' decisions converge; an estimated program with intermediate objectives and evaluations mobilizing control indicators; a set of rules which define the decisions to be made at each stage of the program in accordance with future occurrences that are deemed possible; and notably the priority to be assigned to several activities or decision-making modules (Duru *et al*).

For Girard *et al* the action model is assimilated into a management system from which the farmer translates his strategy into action. The process is completed by a diagnostic phase defined as *“the analysis of the situation after the action and the eventual questioning of the management rules, monitoring strategy, and even the projects.”* The action model therefore presents a certain stability but is at the same time susceptible to revision if the results obtained are no longer in keeping with the pursued objectives.

The work done on work organization (Papy *et al* 1990), the management of the cropping area (Aubry 1994) and the management of forage systems shows that farmers derive their decisions from a division in time and space which allows them to deal in a hierarchically organized manner with the uncertainty facing them. Their objective is to simplify problem solving by limiting the number of interactions between organizational levels and by creating “protected modules” while preserving a general coherence. As was pointed out in the first part, this acknowledgement justifies returning to a sector-based approach to the farm whose themes correspond to the complex problems that the farmer is facing. The analysis of these *“working knots of the farm”* (Girard *et al*) is nevertheless



a way of appreciating the global operation, while accepting that certain components, less directly linked to problems to be solved, remain black boxes.

Forage management systems provide an example of a complex organization which the concept of the action model allows one to represent and analyze (Duru *et al*, Girard *et al*, Guérin *et al*). It proceeds from a series of programmed adjustments between the objectives of plant cover maintenance and livestock feeding. From the feeding strategy which he defines, the livestock farmer must coordinate in time and space, including climatic risks, the management of fodder areas, whose production will serve to feed the livestock which are themselves subjected to specific management and production objectives. This joint management of territory, herd dynamics and instantaneous equilibria between resources and forage needs is translated concretely by grouping the livestock into variable groups during the cropping season, allocating plots for grazing, and machine harvesting, all based on a body of rules.

This general organization can be illustrated by a livestock farmer in the marshes of Western France (Girard *et al*). He proceeds according to two levels of management. The first is global and based on an initial plan which divides the year into periods, limited by key dates, for a balance between resources and forage needs. This plan includes the rules to move from one period to another; the rules for animal and plot grouping into units; and feeding rules. These rules are stable for a given period. The second level corresponds to day-to-day management. Here, the rules for changing from one plot to another in the same unit can be found. This organization presents an interannual regularity and, notably, the indicators that activate the change of plots in a unit or a period.

Farmers' action models are largely implicit and need to be formalized before they can become the framework for an exchange with an external expert. This formalization does not require special methods, but rather a structured protocol. It is based essentially on investigations and interviews concerning projects and plans of action, followed by technical monitoring allowing the confrontation between planned and achieved actions. This confrontation enriches the initial knowledge found in farmers' models. In the research phase, such work aims at building a specific representative framework for a given topic, but is sufficiently general to integrate the diversity of specific cases. This framework will eventually form the structure of an instrument to help decision making. In an advisory context, the formalization of the action model represents a stage in the approach which will now be presented.

Decision-Making Aid: Diagnosis, Modeling and Simulation

Taking into account the relations between strategy, the action model, and action, the advice process can be utilized on two interdependent levels: helping the farmer to develop a strategy for action and helping the farmer to master the implementation of a given strategy (Duru *et al*). In the first case it consists of identifying the key periods in the production process and the limiting factors which cause drawbacks, and then defining the principal rules controlling the organization of resource-use calendars. Management aid includes the analysis of operations in real time according to the climate,



the evaluation of coherence with the pursued strategies, and the confrontation of operation and assessment indicators used by the farmer with those obtained from agronomic knowledge.

A diagnosis formulated by an external expert, either a researcher or an agricultural adviser, is based on two viewpoints. Firstly, the farmer's one: has he achieved what he wanted, and what are the blocking points in his model? However, the expert retains his essential role of making an external judgement on the choices made by the farmer: are his indicators relevant and could he operate differently or even change his objectives and strategies? Having done this, he leads the farmer to confront his experiences with external norms in an autodiagnostic process (Bourguine 1989). In return, he improves his knowledge of the farmer's action model.

This first knowledge-exchange phase between the expert and the farmer is based on a representational framework of decision-making processes adapted to a given topic and previously conceived from detailed case studies. This is a generic framework so long as it can be of use on all farms, independent of their diversity. The proposed framework for work organization is structured on a division in space and time on three levels: the task, where equipment and manpower are mobilized on an operational level; the sequence of tasks on the set of fields homogeneously dealt with, and the periods during which rules of priority between sequences and tasks are defined (Attonaty *et al* 1990). Using similar principles, Girard *et al* propose a framework adapted to forage systems, integrating relations between the three organizational levels going from technical operation, through the plot level, to the entire forage surface.

Thus far, knowledge exchange between the expert and the farmer has only mobilized the simple techniques of investigation and interviews. These methods reach their limits when one or the other wishes to estimate the effects of a technical or organizational change on the present action model and evaluates the risks taken concerning the climate and the economic conditions. On complex problems such as forage systems management or work organization, this simulation would rapidly become fastidious and costly if it had to manually process a substantial number of scenarios. To overcome these obstacles, research has benefited from computer progress, notably in the field of artificial intelligence, to be able to obtain programs which allow a simplified form of farmers' action models to be reproduced.

The OTELO program (*Organisation du travail et langage à objets*) is the most successful for the moment in this sphere. Based on the representational framework of the work organization in arable crop-based farms, its language is close to the farmers' own when they manage their work calendars. Once formulated and transcribed onto the computer, the action model specific to the farm is simulated with a large number of climatic scenarios obtained from a nearby meteorological station. The information obtained (global and operational work calendars, equipment-use plans, etc.) is subject to the farmer's scrutiny. He can assess the risks of his present organization and propose modifications which will be integrated into the initial model to be simulated as well.



In this repeated process, whereby the decision maker becomes aware of his reasoning process, the expert operates at several levels: formulating the initial action model and the farmers knowledge, translating this model into computer language and doing the simulations, discussing their results, and proposing modifications to the initial model. Each stage in the approach is the source of discussions, and the two parties participate in obtaining common knowledge. This approach is being tested in France in the development stage.

Computer instrumentation of action models, moreover, facilitates the linkage of management behavior specific to each farmer with biotechnical models that are more general but adapted to the diversity of the environment and management methods (Granger, Balent). The objective is to measure by simulation the effects of a strategy on the natural environment, the cultivated plot or the herd as a function of climatic risk; or to define a permanent strategy to attain an objective of production. Such articulations stimulate exchanges between scientific disciplines through research into new technical and agronomic references. This must take into account farming conditions through to their specific organizational methods and the possibility of connecting to knowledge-based models such as OTELO. For example Granger and Balent are trying to model the development of permanent grassland under the effects of the environment and agricultural practices on an extended time scale, pointing out the difficulties of integrating mechanisms with different organizational levels.

For their part, Duru *et al* have developed an agronomic model allowing the linkage of management methods of the forage production area with the quantity and quality of the forage produced. Similarly, Ducrocq *et al* model the growth of pasture grass, starting from its initial state, using nitrogen nutrition and climatic parameters. To be used in the conditions of agricultural practice these models must be able to run using parameters easily measured in the field. Effectively, these parameters are equally indicators that the agronomist and the farmer will use to judge a situation and to start action. From their growth model Ducrocq *et al* propose to use the height of the grass at time “t” and threshold values to decide if a plot should be grazed or not.

This concept of the indicator has a more general sphere as it is also an integral part of the farmers’ action model, at once as a condition for activating the rules and as an evaluation instrument for the results of action. In the perspective of modeling, Girard *et al* identify three major types: those that can be taken directly from an available information system (air temperature, for example); those that are not able to be modeled and have no equivalent agronomic model; and those that are not directly able to be modeled but can be translated into agronomic indicators measurable *in situ*. The second case refers to the production of new technical references coming from classical experimental methods, and the results should appear in the form of operational biotechnical models and indicators accessible to farmers and experts.

The third case is illustrated in the communication by Cerf *et al*, concerning the simulation of operating conditions in arable crop plots. They note firstly that for the same operation, farmers do not all have the same operational rules in function of the state of the



soil and the climate, and a farmer can modify his rules in the course of time by becoming less exacting when the operations are delayed. This remark questions the notion of available working days, the expert's norm determined in function of a fixed objective of labor quality, technical-environmental relationships, and frequency analysis of the climate.

In the present case, the farmers use the change in surface soil color as an indicator to decide on the resumption of work in the spring. This indicator is not in itself modelable, but the authors show that it corresponds to a certain soil moisture and is justified because of the risk of soil compaction that the farmers are trying to avoid. Then they elaborate from field monitoring of hydric profiles a simple drying model, where the soil is considered as a tank that fills up with rain and empties gradually in function of its potential evapotranspiration. This model is integrated with OTELO to link the working conditions during this operation and the simulation of work organization. In conclusion, they note that physical, deterministic models are of value to produce the data which will serve to support simpler but operational models in the conditions of agricultural practice.

To couple different tools of information processing available today, Guérin *et al* use a geographic information system to represent spatial herd movements, facilitating the identification of management rules and the diagnosis of resource use in terms of the livestock farmer's project. In countries where farmers are not familiar with graph utilization, it could be imagined that such a tool would be also useful for projecting the results of simulations in their space of activity (area under irrigation, village territory), and to make them more intelligible. In another situation, Vaquer *et al* present a transdisciplinary information system whose objective is to facilitate the exchange of knowledge between researchers in many disciplines prior to any attempt at modeling a complex system.

This increased use of modeling in action aid should not overshadow the limits, pitfalls and difficulties of such techniques. Molle and Valette present a certain number, distinguishing models based on the type of process represented (biophysical or man made) and the scale used (specific or global). The validation of models and the knowledge that supports them pose particular problems as soon as human behavior is taken into account. In effect, human behavior has "*infinitely more liberty*" than the biotechnical processes for which the modeling is validated by its predictive capacity. Man-focused models lead to the simplification of the complexity of reality and must be prospective if they wish to keep a certain use.

The authors also insist on the dangers of worshipping tools, which leads to the confusion of reality with a representation of reality in decision-making orientation. Thus, a model is usually reductive even if it is trying to integrate a multitude of diverse knowledge but not necessarily sufficient to represent the totality of the system under study. It should be noted that the approach presented in this section adopts an original position by making the work of modeling a common achievement of the expert and the farmer with the validation done "by use," in function of its capacity to account for the perception that the farmer has of his situation and of his influence on the decisions taken.



Conclusion

The different contributions to this session present a diversity of approaches all aiming to improve knowledge of farmer behavior and moreover to help farmers in decision making. The problems dealing with the levels and analytic methods and proposed action aid tools give rise to a series of questions on three major subjects, recurrent in most communications on the first two but absent in the third.

Global or sectorial approach of farms?

From the perspective of research driven by the problems of technical change, is it preferable to apprehend the farm straight away in its totality or to proceed from particular technical questions by progressively broadening the analytic and operational frameworks? Do all technical questions have the same degree of complexity? What approaches are to be favored in the different cases?

The usefulness and uses of modeling

Progress in computer use broadens the field of use for modeling for the representation of actor's behavior. In what ways can this evolution foster the enrichment of experts' (researchers and agricultural advisers) knowledge? How can it improve the efficiency of advice function? How can it compete with the exercise of multidisciplinary? What are the limitations of these methods, and how can validation be envisaged?

How can these approaches be broadened to organizational levels larger than the farm, and a plurality of actors?

Research has more and more often to deal with problems whose management is based on many participants, especially in the tropics. Is it necessary to develop specific approaches to these domains of study? How can biotechnical and social sciences be associated regarding these issues? What advisory approaches and simulation tools can be identified to stimulate collective reflection on the negotiation processes in these situations?

If the debates held during this session have clarified these issues, most need to be explored in greater depth in future research.

References

- Attonaty JM, Chatelin MH, Poussin JC, Soler LG. 1990. Un simulateur à base de connaissance pour raisonner équipement et organisation du travail en agriculture. Pages 301-314 *in: Représentation, modélisation, développement* (Matarasso P. ed). Montpellier, France: Agropolis.
- Aubry C. 1994. De la parcelle cultivée à la sole d'une culture : des échelles complémentaires de conception des références techniques. Pages 519-525 *in: Systems-oriented research in agriculture and rural development*. Montpellier, France: CIRAD.



- Bourgine C. 1989. *Contribution à une théorie de l'automodélisation. Application au développement de systèmes d'aide au diagnostic global d'exploitation agricole*. Doctoral thesis: ingénierie des organisations économiques, Université d'Aix-Marseille III, France, 236 p.
- Collinson MP. 1982. *Farming system research in Eastern Africa: the experience of CIMMYT and some National Research Services, 1976-1981*. East Lansing, Michigan, USA: Michigan State University, International Development (Paper No 3).
- Courbon JC. 1982. Processus de décision et aide à la décision. *Economie et Sociétés, série Sciences de gestion* 3, vol. XVI, 12:1466-1476.
- Landais E, Deffontaines JP. 1989. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Etudes rurales* 109:125-158.
- Milleville P. 1987. Recherches sur les pratiques des agriculteurs. *Les Cahiers de la recherche-développement* 16:3-7.
- Norman DW. 1980. *The farming systems approach: Relevancy for the small farmer*. East Lansing, Michigan, USA: Michigan State University, International Development (Paper No 8).
- Papy F, Aubry C, Mousset J. 1990. Eléments pour le choix des équipements et chantiers d'implantation des cultures en liaison avec l'organisation du travail. Pages 157-185 in: *La structure du sol et son évolution* (Boiffin J, Marin-Lafèche A. eds). Paris, France: INRA (Les Colloques de l'INRA, No 53).
- Sebillotte M. 1974. Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. *Cah. ORSTOM, série Biologie* 24:3-25.
- Sebillotte M, Servettaz L. 1989. Localisation et conduite de la betterave sucrière. L'analyse des décisions techniques. Pages 308-344 in: *Fertilité et systèmes de production* (Sebillotte M. ed). Paris, France: INRA.
- Sebillotte M, Soler LG. 1990. Les processus de décision des agriculteurs. Première partie : acquis et questions vives. Pages 93-101 in: *Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation* (Brossier J, Vissac B, Le Moigne JL. ed). Paris, France: INRA.
- Simon HA. 1976. *Administration behaviour. A study of decision-making processes in administrative organization*. 3rd edition. French translation 1983, Paris, France: Economica.

Papers Presented at the Symposium

- Variations on a Theme: Conceptualizing System Diversity with Examples from Northern Cameroon. DE STEENHUIJSEN PITERS B. ; FRESCO L. O.
- La modélisation des conditions d'intervention au champ en grande culture. CERF M. ; MOUSSET J. ; ANGEVIN F. ; BOIZARD H. ; PAPY F.
- From Farming Systems Research and Extension to Zonal Strategies: Rice Research in Sukumaland, Tanzania. ENSERINK H. J. ; BUNYECHA K. F. ; MEERTENS H. C. C. ; KAJIRU G. J. ; BAGARAMA F.
- Propositions pour l'aide à la gestion des ressources fourragères: une approche système articulant enquête, expérimentation et simulation. DURU M. ; BELLON S. ; CHATELIN M.H. ; FIORELLI J.L. ; GIBON A. ; HAVET A. ; MATHIEU A. ; OSTY P.L.
- Intégration de méthodes et outils analytiques dans une démarche recherche-système. Application à la prairie permanente. GRANGER S. ; BALENT G.
- Comprendre et représenter l'organisation spatiale des systèmes techniques. L'élevage ovin extensif du sud du Massif central (causse Méjan, France). GUÉRIN G. ; LARDON S. ; OSTY P.L. ; TRIBOULET.
- Expérimentation des systèmes de culture dans les pays tropicaux. Cas des zones cotonnières d'Afrique noire. CRETENET M.
- Etude spatio-temporelle des systèmes de production agricole. Le cas du Burundi. SIMBIZI J. ; VERHAEGEN E. ; DEGAND J. ; D'HAESE L.



- Contribution of Different Evaluation Methods to the Understanding of Farmers' Decisions on Adoption and Adaptations of Innovations. Experiences from the Development of a Conservation Tillage System in southern Zimbabwe. CHUMA E.
- Quelques réflexions sur l'apport de la modélisation dans les recherches-système. MOLLE F. ; VALETTE F.
- Formalisation des relations entre stratégie et pilotage dans les systèmes fourragers. Propositions pour la conception d'instruments d'aide à la décision. GIRARD N. ; HAVET A. ; CHATELIN M.H. ; GIBON A. ; HUBERT B. ; RELIER J.P.
- Etude expérimentale de systèmes de production en grande culture. VIAUX P. ; LEMAITRE G. ; GOUET J.P. ; ROBERT D.
- Research Management: Combining Diverse Methods to Provide a Basis for Estimating Benefits and Identifying Priorities for Agricultural Research. PEARSON CRAIG J. ; HILL MICHAEL J. ; ARCHER KEN A.
- Sustainability of a Rice–Prawn Farming System in Vietnam (P). BE TRAN T. ; SRISKANDARAJAH N.
- Un outil transdisciplinaire pour l'intégration des données en recherche-système : application à la riziculture camarguaise (P). VAQUER C. ; SOTO P. ; BARBIER J.M. ; BOUCHIER A. ; MOURET J.C. ; SCHILIZZI S.
- Effective Participatory Research Involving Farmers, Nongovernment Organizations, National Agricultural Research Systems, and International Agricultural Research Systems, to Improve Food Security in Northern Benin (P). VERSTEEG M. ; ADNGUIDI J. ; DJENOTIN J. ; NONFON R.
- Mise en place d'un réseau de suivi de systèmes d'élevage. L'élevage bovin en Martinique (P). ROYER V. ; HUGUIN A. ; RAVISÉ J.-F. ; PAUL J. L.
- Une approche de la traction animale dans le bassin cotonnier du Nord-Cameroun (zone soudano-sahélienne) (P). VALL E.
- Démarche de recherche pour l'aide à la gestion du pâturage tournant. Cas d'élevages laitiers du sud-ouest de la France (P). DUCROCQ H. ; BOSSUET L. ; DURU M.
- Complémentarité entre la méthode accélérée de recherche participative thématique et le diagnostic formel. Cadre conceptuel et expériences en zone Mali-Sud (P). DOUCOURE HAMADI S. ; DEFOER T. ; KAMARA A. ; BRONS J.
- Agricultural Systems Research Towards Improved Rural Livelihoods: An Experience in the Highlands of Central Mexico (P). ARRIAGA J., C.M.; BASTIDA H., A; CASTELÁN O., O.A.; CHÁVEZ M., M.C.; FLORES A., J.J.; GONZÁLEZ D., J.G.; GONZÁLEZ E., C.E.; NAVA B.,E.G.; NICASIO R., A; SÁNCHEZ V., E.; VELÁZQUEZ B., L.G.

