

Intégrer les sciences biotechniques, économiques et sociales

Recherches sur les systèmes techniques en agriculture, dans le développement rural et dans la gestion des ressources naturelles au département Inra-Sad

Jacques Brossier, Bernard Hubert

Au cours des quarante années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, marquées par de profondes évolutions économiques et sociales dans le monde rural et un développement de la production agricole sans précédent, un fossé s'est creusé entre, d'une part, les préconisations et conseils techniques proposés par la recherche agronomique et la vulgarisation agricole conçus dans la seule optique de l'intensification pour augmenter les quantités produites et, d'autre part, les besoins des agriculteurs dans leur diversité. Au-delà du succès incontestable en termes de croissance agricole, cette distance montrait les limites du dispositif d'encadrement de l'agriculture

(moins du quart des agriculteurs étaient touchés par des actions de développement, par exemple, ceci étant masqué par un exode rural massif), confronté à de nouvelles questions de société (comme la protection des sources, la prévention des incendies de forêt, etc.) ainsi qu'aux limites des techniques proposées dans leurs espaces d'élection (comme les bassins céréaliers et laitiers) ou, encore, à la marginalisation de certaines communautés rurales et d'autres territoires par ce même progrès technique. Il révélait aussi une relative absence de la recherche dans ce débat social.

Pour comprendre cette distanciation et aider à combler ce fossé, l'Inra a pris en 1979 l'initiative de créer un département interdisciplinaire de recherches sur les systèmes agraires et le développement (Sad). Cette initiative faisait suite à une décennie de programmes de recherches pluridisciplinaires sur le développement rural et l'aménagement de l'espace, initiés par le gouvernement (Délégation générale à la recherche scientifique et technologique, DGRST) et impliquant plusieurs grandes institutions de recherche. Après près de vingt années de travaux sur le terrain, dans des situations diverses, il nous a paru intéressant de

faire le point sur cette expérience et de présenter les traits essentiels qui ont marqué la construction d'un champ de recherches sur les activités agricoles et rurales et formé l'identité de notre département qui comporte aujourd'hui environ 200 agents dont 80 chercheurs. Ce nouveau département de l'Inra s'est constitué progressivement avec des chercheurs en quête de disciplines complémentaires permettant de comprendre les besoins techniques des agriculteurs et les enjeux locaux du développement rural. Cette quête a conduit à associer étroitement les disciplines techniques et les sciences sociales, dont la parité s'est construite en centrant les travaux communs sur les systèmes techniques. La difficulté de cette collaboration interdisciplinaire nous semble en partie responsable de l'actuelle remise en cause des recherches systémiques dans les pays en développement, ces recherches connaissant un intérêt croissant dans les pays développés. Elles restent cependant essentielles pour relever les défis auxquels les sociétés sont confrontées, une des conditions de leur succès résidant dans la place centrale que doit jouer la formation des différents acteurs dans les processus de recherche et d'action.

J. Brossier : INRA-Sad-Dijon, 26, bd Petitjean, BP 10607, 21036 Dijon Cedex, France.

B. Hubert : INRA-Sad, 147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07, France.

Tirés à part : J. Brossier

Thème : Systèmes agraires.

Des chercheurs en quête de collaborations entre disciplines

Des relations à l'action non satisfaisantes : vers une construction interdisciplinaire

Des chercheurs confrontés à la décision, aux pratiques des acteurs, avec des outils venant de disciplines découpant la réalité par champs scientifiques, n'arrivaient pas à appréhender les multiples conséquences des décisions des agriculteurs et des systèmes dans lesquels ils intervenaient. Ils ont interpellé d'autres disciplines, quelquefois proches comme celles que l'on enseigne dans les écoles d'agronomie (économie, agronomie, zootechnie, etc.), voire plus éloignées comme l'ethnologie, l'anthropologie, l'écologie, etc., pour se retrouver sur des objets complexes difficiles à appréhender et qui les dépassaient, comme l'exploitation agricole ou le système agraire. Il est clair que c'est dans le domaine de l'action que les inconvénients des découpages disciplinaires sectorielles sont les plus graves, puisque l'action ne peut être comprise que si on prend en compte plusieurs disciplines. Les divers spécialistes travaillant sur l'agriculture ont leurs compétences et leurs grilles d'analyse définies par des catégories scientifiques qui sont en fait exogènes aux pratiques concrètes des agriculteurs. Suffit-il de disposer d'hommes de synthèse mettant ensemble les divers résultats disponibles pour agir ou favoriser l'action dans un domaine donné ? Ceux-ci ayant la culture générale souhaitée sont effectivement utiles, mais « la synthèse a des limites qui tiennent en partie au fait que la seule addition des savoirs sectoriels peut manquer l'essentiel pour agir sur le réel » [1]. La « démarche système » met l'accent sur les interactions, les interfaces, sur le projet soutenant l'action, elle permet d'accéder à la structure en même temps qu'au fonctionnement, donc à la gestion du projet. Nos recherches sont finalisées – car elles sont initiées par des questions que pose l'action – et orientées vers la production d'innovations. De telles recherches finalisées relèvent d'une science de l'ingénierie

qui est difficile à « discipliniser ». Les recherches systèmes tournées vers l'action sont d'autant plus mues par l'analyse de problèmes concrets qu'elles sont liées à une demande sociale directe, ce qui suppose une méthodologie particulière : la recherche-action, dans laquelle les chercheurs ne sont pas à l'extérieur du système étudié et les acteurs sont directement associés à la recherche finalisée, initiée par le problème qu'ils cherchent à résoudre [2-4]. Elles s'appuient aussi sur ce postulat épistémologique, élément essentiel de la problématique du Sad : toute modification du réel, toute action sur le réel, est aussi un moyen de comprendre le réel (connaître en agissant). Par ailleurs, l'objectif de compréhension de ce qu'implique, motive et bouleverse toute action, ce que l'on peut appeler le projet cognitif, est lui aussi important. Comme le dit Michel Sebillotte dans son intervention au symposium sur les systèmes agraires de Montpellier [5], « pour agir, il faut une représentation du réel qui relie les variables d'action qui sont à notre disposition à des objectifs, qui hiérarchisent ces variables et qui fournissent des indicateurs de déclenchement des actions au cours du temps ».

Types de collaboration entre disciplines

Dans l'expérience de l'Inra-Sad, la collaboration entre les sciences biotechniques et les sciences sociales a commencé historiquement au niveau de l'exploitation. Pour illustrer cela, on peut identifier trois types de collaboration entre économistes et chercheurs techniciens.

- Il y a tout d'abord la demande « utilitaire et alimentaire » d'informations techniques. Cela joue dans les deux sens : les économistes demandent aux techniciens des coefficients techniques à mettre dans leurs modèles, les techniciens demandent aux économistes de leur calculer la valeur économique de l'unité fourragère (UF). Les exemples sont fréquents d'une telle collaboration – en rien pluridisciplinaire puisqu'il n'y a pas d'effort de réflexions communes – qui est souvent source d'incompréhensions : qu'est-ce qu'un bon coefficient technique ? Quelle est la valeur économique de l'unité fourragère ? Ces incompréhensions sont d'autant plus nombreuses et fortes que les travaux de recherche s'éloignent de la recherche de normes théoriques ou issues de laboratoires, pour prendre en compte ce qui se passe concrètement dans les exploitations.

- Au deuxième niveau – vers la pluridisciplinarité ? – il y a une réflexion commune et un dialogue pour préciser les questions que l'on se pose mutuellement. Chaque spécialiste fait un bout de chemin théorique avec le spécialiste d'une autre discipline pour comprendre la nature des questions qui se posent dans chaque discipline et pourquoi la réponse à telle question (quel chiffre pour un coefficient technique, quelle est la valeur économique de l'UF ?) n'est pas simple. Plusieurs expériences peuvent être relatées sur cette collaboration pluridisciplinaire, rappelons une des premières : la recherche, à base de modélisation, sur les systèmes de production dans les régions de grande culture à la fin des années 60 [6].

- Le troisième niveau – vers l'interdisciplinarité ? – peut être la création d'un champ scientifique commun entre spécialistes pour construire une parité entre les disciplines. Il nous faut nous expliquer sur ce concept de parité. Le but de l'interdisciplinarité est de « tenter de faire se recouvrir, au moins partiellement, les cartes cognitives de différentes approches, de manière à en créer progressivement une nouvelle, commune à plusieurs disciplines » (d'après Couty, [7]). Dans la suite du texte nous garderons les termes pluridisciplinarité et interdisciplinarité dans les sens retenus ici.

Construction de la parité entre les disciplines

Il faut d'abord parler des incompréhensions initiales et des quêtes symétriques qui sont à l'origine du besoin de parité entre chercheurs de disciplines différentes [8]. Un bilan assez complet a été tiré, de ce point de vue, à partir de l'analyse des travaux issus des recherches interdisciplinaires initiées par les comités scientifiques de la DGRST sur les espaces ruraux dans les années 70 et 80 [9], mais nous nous limiterons ici aux problèmes rencontrés au sein de la recherche agronomique proprement dite. Cette parité ne se décrète pas, elle se construit. Elle demande, outre du temps, un engagement décisif des collègues des sciences sociales et des collègues chercheurs travaillant dans des domaines techniques sur des problèmes de gestion qui doivent être resitués dans l'ensemble de l'exploitation agricole.

La demande de pluridisciplinarité a été fortement initiée à l'Inra et dans des écoles supérieures d'agriculture au cours des années 70 par des chercheurs des sciences

biotechniques. Ils estimaient que les démarches de recherche classiques répondaient mal à certaines questions fondamentales du développement. Ils étaient insatisfaits de l'écart croissant entre, d'une part, les propositions techniques pointues issues de recherches sectorielles, jugées *a priori* performantes et efficaces pour les agriculteurs et, d'autre part, les conditions et niveaux réels d'adoption de ces techniques par les agriculteurs compte tenu de leurs situations. Cet écart se traduisait (se traduit encore), en particulier, par une vulgarisation décalée qui ne touchait qu'un pourcentage limité d'agriculteurs. Ils postulaient la nécessité d'un détournement conceptuel visant à étudier le fonctionnement des exploitations agricoles (regarder l'exploitation agricole comme un tout et en accepter les conséquences) et les systèmes agraires et à élargir leurs démarches respectives à la lumière de cette analyse. Cette préoccupation les a fait collaborer avec les économistes qui regardaient l'exploitation agricole comme un tout. Il s'agit là d'un des phylums importants de la création du Sad.

L'étude de la gestion et des décisions des agriculteurs suppose de s'intéresser, certes, aux techniques mais encore plus aux pratiques, c'est ce que certains chercheurs des disciplines agronomiques ont reconnu les premiers. Ce pas décisif, qu'il faut souligner, a permis de construire cette parité entre Sciences sociales et Sciences biotechniques [10-13]. Si on se contente d'une appréhension unidimensionnelle (dans un domaine technique, par exemple) d'un problème, on ne peut aller au-delà du constat d'un certain désordre difficilement explicable sauf par des jugements de valeur du genre « routine, périmé, anecdotique ». Chacun dispose de multiples exemples de décisions prises par un agriculteur et qualifiées d'irrationnelles compte tenu de cohérences techniques ou économiques (facilité de travail, imitation, prestige, amour de la terre). Est-on sûr d'avoir compris le comportement que l'on qualifie d'irrationnel ? De telles explications ne peuvent évidemment en aucun cas satisfaire des chercheurs puisqu'elles n'expliquent rien et ne sont pas utiles pour l'action.

Au contraire, le concept de fait technique exprime l'articulation entre deux aspects nécessaires quand on s'intéresse à l'activité agricole : d'une part, les conséquences d'une opération technique sur le sol, le couvert végétal, les animaux et, d'autre part, les déterminants de mise en œuvre dans l'exploitation. Il faut rappeler les pistes de recherche ouvertes par Leroy-

Gourhan sur les techniques, considérées comme interfaces des sociétés et de leurs milieux et donc pouvant être saisies comme témoignages d'une évolution historique et d'une diversité des milieux en continues transformations [14]. Ce concept a ainsi un rôle charnière entre le milieu biophysique et le milieu socio-économique [1, 15].

Les agronomes ont très rapidement considéré que l'agronomie était aussi une « science sociale », faisant une ouverture importante au dialogue avec les autres sciences sociales. En mettant en avant la notion de point de vue (« le point de vue crée l'objet » [16]), les agronomes ont pu ainsi montrer qu'il y avait des regards scientifiques différents, facilitant la constitution de l'agronomie en tant que science distincte d'un certain nombre de sciences voisines (pédologie, sciences du sol, biochimie, amélioration des plantes, etc.). Ainsi, par exemple, en ce qui concerne la nutrition des végétaux, la science du sol étudie le sol comme « source » offrant des éléments nutritifs alors que l'agronomie étudie la « ressource » mobilisée par l'action de l'agriculteur [17]. « Chaque point de vue relève des faits, mobilise des méthodes et des instruments particuliers, propose des logiques aux phénomènes observés ou attendus » [18].

De leur côté, les économistes, porteurs d'une approche de la décision avec « l'homo economicus », se déclaraient et se déclarent encore souvent spécialistes des synthèses au niveau de l'exploitation agricole, synthèses très marquées par des hypothèses fortement réductrices. Ils s'approprient les recherches techniques et sont donc souvent perçus comme « impérialistes ». Les premières collaborations avec les disciplines techniques, aussi utilitaires qu'elles aient été et soient souvent encore, ont provoqué quelques changements chez les économistes, surtout en ce qui concerne les relations avec les agriculteurs. La démarche des chercheurs techniciens travaillant sur des flux physiques (lait, blé, etc.) et dialoguant plus facilement avec les agriculteurs sur leurs pratiques a incité les économistes à ne pas travailler uniquement avec les flux conventionnels (comptables, fiscaux ou économiques, tels que le revenu agricole ou l'amortissement) construits sur des règles dont la cohérence était totalement extérieure au fonctionnement des entreprises. Il est apparu essentiel que l'économiste gestionnaire travaille aussi sur les flux identifiables (trésorerie et flux monétaires). Se concentrant, ce qui n'est

pas toujours évident, sur les pratiques économiques et, en particulier, sur les pratiques de trésorerie des agriculteurs, les économistes gestionnaires créent aussi une parité avec les chercheurs techniciens qui étudient dans l'exploitation la formation et les échéanciers d'autres flux physiques identifiables [19, 20]. L'étude d'une exploitation est alors faite collectivement. Il faut insister sur le caractère collectif de ce travail ; on peut même le considérer comme un excellent critère du processus d'élaboration et de fonctionnement des démarches systèmes, ce collectif incluant les acteurs sociaux, objets et sujets de la recherche.

Problèmes spécifiques d'interdisciplinarité et de parité liés à la science économique

Les économistes remarquent que les collègues non économistes auxquels ils sont associés ont, comme tout citoyen, un point de vue sur les questions économiques et le débat social. Même si la plupart des objets de l'économie sont spécifiques, il est vrai que la définition des fonctions d'objectifs des décideurs, les revenus des agriculteurs, les relations économiques entre les acteurs, etc. sont au cœur des préoccupations des citoyens, et on attend des économistes qu'ils éclairent les choix des décideurs et des citoyens.

Le questionnement économique de tout chercheur comme de tout citoyen doit être pris en compte pour comprendre la collaboration entre sciences sociales et sciences biotechniques dans le cadre des recherches systèmes. Cela crée une difficulté de dialogue et se traduit par une boucle interactive quelquefois difficilement acceptée, mais pourtant essentielle dans des recherches qui associent directement les acteurs sociaux.

La plupart des chercheurs économistes participant à l'aventure systémique ne sont évidemment pas satisfaits par certains fondements et hypothèses de la théorie économique. Ainsi, par exemple, si la théorie de la firme a constitué un premier effort d'élaboration d'un modèle pour représenter le comportement des producteurs, les travaux de plusieurs équipes systèmes ont montré ses insuffisances pour comprendre le comportement des acteurs. L'entreprise n'est pas seulement un instrument de recherche comme elle l'est en micro-économie pour l'étude de l'offre, elle est aussi objet et sujet de recherche. Ces travaux

ont débouché sur des modèles comme la théorie du comportement adaptatif [21, 22] ou les modèles d'action [23]. Cette remise en cause méthodologique s'accompagne aussi d'une forte interrogation sur le modèle de l'intérêt personnel (MIP) considéré comme moteur économique dans la théorie. L'économiste Frank [24] remet en cause le modèle de l'intérêt personnel et soutient l'hypothèse que la prédisposition émotionnelle à se comporter de façon altruiste peut être avantageuse pour un individu. Pour ceux qui acceptent l'hypothèse restrictive du *free-rider* (plus le bien est public moins on est prêt à payer quoi que ce soit), la notion d'un bien public que l'on accepterait de payer ou que l'on produirait volontairement est une impossibilité. De nombreux tests ont été réalisés et ne montrent pas, comme le MIP le présupposerait, que tous les participants à ces tests ont des comportements de *free-rider*; en fait, ils montrent le contraire [24]. Ainsi, Frank propose le modèle de l'engagement (ME ou *Commitment Model*) pour expliquer que ce qui semble un comportement irrationnel vient de prédispositions émotionnelles qui aident à résoudre cette apparente contradiction. Le ME suggère qu'il est utile pour soi de paraître honnête dans une société et que, pour cela, le plus sûr, le mieux est d'avoir véritablement un comportement honnête. Cette interrogation sur le MIP est importante dans les travaux de modélisation des systèmes agraires qui insistent sur les projets collectifs. La citoyenneté se comprend aujourd'hui comme moins d'individualisme ou plus d'adhésion à des valeurs et des contraintes collectives, ou plutôt, pour en saisir l'aspect positif, comme participation à des projets dont on mesurera les bienfaits non pas tant à l'intérêt individuel qu'on en tirera, mais à l'épanouissement collectif et à la réduction des inégalités qu'ils permettront : « le sens commun » peut entraîner la subordination volontaire des actions individuelles au bien-être collectif [25].

Parité, formation des chercheurs dans des écoles d'ingénieurs et développement des recherches systèmes en France

Il nous semble que le développement déjà ancien en France des recherches sys-

tèmes et le relatif essor des recherches pluridisciplinaires aboutissant à la création du département Sad au sein de l'Inra en 1979 sont à relier fortement au fait que la première génération des chercheurs systémiques venaient en majorité des grandes écoles agronomiques dites écoles d'ingénieurs, système si spécifique à la France. D'ailleurs, on peut constater que les recherches pluridisciplinaires et systémiques hors de l'agriculture et du monde rural ont été initiées au sein des grandes écoles d'ingénieurs (École polytechnique, École des Mines, Institut national agronomique). Dans le système français, tous les ingénieurs agronomes des années 50, 60 et 70 avaient une formation minimale dans trois disciplines fondamentales pour l'étude des systèmes de production et des systèmes agraires, disciplines par ailleurs constitutives du département Sad (zootechnie, agronomie, économie). Cela rendait la pluridisciplinarité plus facile car reposant sur une culture et un langage communs, facilitant les opérations conjointes de recherche. Toutefois, cet avantage historique ne suffit pas à justifier qu'il faille disséminer hors de France notre modèle d'enseignement supérieur pour assurer le développement des recherches systèmes. En effet, c'est un modèle daté car, d'une part, il s'agit d'une pluridisciplinarité fortement limitée aux trois disciplines pré-citées, ce qui est notoirement insuffisant pour créer un creuset systémique et, d'autre part, on s'interroge aussi bien en France qu'à l'étranger sur l'insuffisance des formations aux démarches pluri et interdisciplinaires et sur les réflexions épistémologiques systémiques et constructivistes, qui ont du mal à pénétrer l'académisme universitaire, ce qui explique les enjeux en termes de formation régulièrement évoqués dans les symposiums internationaux réunissant la communauté des chercheurs en *far-ming systems*.

Rôle des modèles dans le travail de recherche interdisciplinaire et systémique

Le rôle positif de la modélisation et des modèles formalisés dans cette quête de collaboration entre les disciplines doit être affirmé avec force. La modélisation est dite systémique s'il s'agit de modéliser intentionnellement des actions et interactions en projet, le projet téléologique du modélisateur étant essentiel [26].

« Modéliser l'entreprise, dit par exemple Le Moigne, c'est modéliser un complexe d'actions intelligibles par rapport à ses finalités dans un environnement au sein duquel elle fonctionne et se transforme » [27]. Les modèles systémiques ouverts (*soft systems models*) ont comme fonction principale de créer un débat et une discussion dans un domaine de développement identifié en fournissant des indicateurs qui décrivent les conséquences possibles d'actions alternatives [28, 29]. Traditionnellement, les demandes d'information faites aux autres disciplines par les modélisateurs disciplinaires sont souvent utilitaristes. Elles ressortent du premier type de collaboration présentée plus haut. L'effort de formalisation que demandent les modèles est un processus très systémique s'il est fait pour représenter des projets et des intentions. Le travail en commun pour construire un modèle collectif oblige à aller au delà des demandes utilitaristes et crée une congruence entre les chercheurs de disciplines différentes. Dans le cadre d'une telle démarche, un modèle est une représentation, réductrice et éphémère, d'un système-projet qui se construit [30]. Il a certes ses règles formelles qui doivent être acceptées par les partenaires comme pouvant contribuer à la réalisation du projet. Il faut, par ailleurs, une interpénétration assez grande des différentes disciplines associées par les partenaires de l'opération pour assurer le succès de l'entreprise. Cette interpénétration se traduit par un dialogue permanent entre les chercheurs pour être au fait des derniers développements des autres disciplines, y compris des questions techniques que s'y posent. Cette congruence est d'autant plus réussie que chaque chercheur est très conscient des limites des hypothèses faites dans sa discipline pour en tirer respect pour les autres dans la construction élaborée conjointement. Cela suppose des retours, des approfondissements et des remises en cause des disciplines : une des difficultés des débats interdisciplinaires est incontestablement le regard que chacun porte sur les disciplines voisines (voire la sienne), regard myope et très souvent vieilli [4]. La modélisation cartographique pour la recherche sur le développement rural et la mise au point d'un itinéraire de formation d'acteurs qui y interviennent est un exemple qui nous semble convaincant de la richesse de la modélisation dans une démarche systémique [31]. Nous allons développer un autre exemple de modélisation issu de

la recherche sur les relations entre une entreprise d'eau minérale et des agriculteurs, conduite de 1992 à 1995 [2, 32]. La recherche s'est traduite par une collaboration entre des agronomes, des économistes, un agent de développement, plusieurs agriculteurs et une entreprise d'eaux minérales, pour la construction et l'analyse de modèles d'exploitations agricoles. Il s'agissait de simuler la contrainte « nitrates » dans les exploitations concernées, de mettre au point de nouveaux systèmes de production adaptés, d'étudier les conséquences des changements proposés sur le fonctionnement et la rentabilité de ces exploitations, et de suggérer des termes possibles de négociation entre l'entreprise d'eau minérale, demandant des modifications de systèmes de production pour réduire le taux de nitrates dans les sources, et les agriculteurs. Les modèles (programmation linéaire) intègrent les données disponibles sur « l'agressivité » de certaines pratiques agricoles, ils indiquent celles qui sont importantes à connaître et avec quelle précision. Les modèles construits ont ainsi permis de s'interroger sur la nature de la contrainte nitrates et sa signification au niveau de l'exploitation agricole (rôle des pâturages de vaches laitières, par exemple). Les retours aux disciplines et leurs enrichissements (en ce qui concerne la science économique : concept de décision, fonction de production, théories sur la gestion, etc.) sont sans doute un produit important du travail interdisciplinaire, mais il y a plus. Ce travail conjoint a produit plusieurs types de résultats, dont le moindre n'est pas le processus de modélisation lui-même et les interrogations sur l'usage systémique de tels modèles (*encadré*).

D'une façon générale, la modélisation joue un rôle central dans les recherches systémiques pour représenter le comportement d'un phénomène, pour vérifier la cohérence des connaissances, leur continuité et pour orienter les investigations. Compte tenu de la complexité et de la diversité des systèmes étudiés, cette recherche conduit vers des modèles descriptifs, de fonctionnement, de prévision ou de décision [26, 30]. Notre activité de modélisation vise ainsi à élaborer des modèles destinés à simuler le comportement des systèmes étudiés (dynamique des écosystèmes prairiaux sous l'effet des pratiques, par exemple), à comparer entre elles des situations non reproductibles, y compris des situations expérimentales

Encadré

Utilisation systémique des modèles d'exploitation agricole : cas de la protection des eaux minérales

- Les économistes-gestionnaires ont élaboré des courbes de productivité marginale ou de coût marginal des nitrates en fonction de la modification d'un milligramme, en plus ou en moins, de la contrainte nitrates. Cette courbe de productivité est typiquement le fruit de la collaboration entre agronomes et économistes. Elle s'appuie sur les relations entre des pratiques de fertilisation, des mesures de bilan N à l'hectare et des pertes de nitrates sous les racines mesurées par des bougies poreuses. La *figure 1* représente les courbes de coût marginal de deux exploitations du plateau de Vittel ; si ces courbes sont différentes en conditions non contraignantes, elles se rejoignent quand l'exigence du niveau de nitrates devient élevée. Au niveau du seuil demandé par l'entreprise (10 mg/l), le milligramme de nitrate en moins est très coûteux à obtenir. Il y a certes des solutions envisageables, mais elles nécessitent d'importantes améliorations dans la gestion : changements drastiques de systèmes de production, conduite très serrée des cultures, meilleure valorisation des produits.
- Sur le plan technique, il apparaît une très grande sensibilité des résultats en fonction des variations des bilans annuels des nitrates des rotations culturales et des prairies permanentes. Cette sensibilité renvoie aux modèles techniques ; des recherches complémentaires ont donc eu lieu pour préciser certaines zones d'ombre, comme le rôle déterminant des parcs à vaches laitières dans la pollution. Cela renvoie aussi à des problèmes de fonctionnement des exploitations, puisqu'il est important de mettre au point une meilleure gestion du pâturage soit par un autre aménagement des parcelles (pour augmenter la taille des parcs vaches laitières et ainsi diminuer le nombre de vaches laitières à l'hectare), soit par une autre conduite du troupeau (rentrée des animaux la nuit, zéro-pâturage).

Les modèles construits en commun par des chercheurs et avec des agriculteurs ont été utilisés dans une démarche plus large de modélisation systémique qui avait pour projet d'élargir le champ des négociations entre les divers acteurs (démarche participative de recherche/action). À partir d'images de la situation actuelle et de possibles situations futures ouvertes et suffisamment crédibles, la discussion sur la sensibilité des résultats a permis de situer les enjeux et les questions à préciser, en leur donnant une hiérarchie qui puisse être discutée. Très concrètement, le débat qui a eu lieu, entre les agriculteurs, l'entreprise et les chercheurs à partir des courbes de coût marginal de la contrainte nitrates, sur le seuil de cette contrainte a bien montré les enjeux de la négociation entre les agriculteurs et l'entreprise : importance des changements que doivent faire les agriculteurs, niveau de soutien que doit/peut apporter l'entreprise, etc. Dans ce sens, avec ce modèle comme outil de dialogue, les résultats importent moins que les travaux de préparation du modèle avec la participation des acteurs et la discussion à partir de ces résultats. Il ne faut pas se cacher la difficulté de cette démarche qui requiert du temps : ce que propose la recherche pour faciliter le dialogue tombe souvent à contretemps. C'est ce qui s'est produit dans la situation Vittel où une partie seulement des agriculteurs a participé à ce processus.

(analyse comparative) ou à instrumenter la prise de décision (aide au diagnostic, élaboration d'itinéraires techniques, évaluation des effets d'une décision, etc.). On en trouvera des illustrations dans les travaux de plusieurs équipes françaises et européennes présentés dans un numéro récent de la série *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* [33].

Recherches systémiques : des recherches finalisées qui relient

L'exemple de cette recherche montre la pertinence de l'hypothèse modélisatrice de la systémique. Pour traiter la question complexe posée par l'entreprise et les agriculteurs, nous faisons l'hypothèse

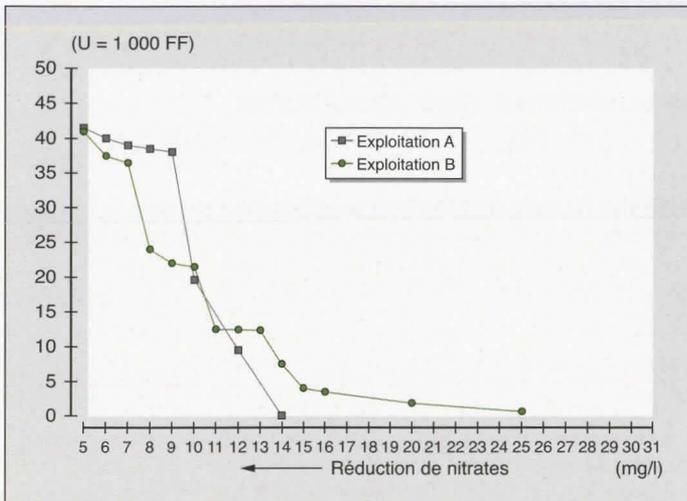


Figure 1. Coût marginal - productivité marginale du milligramme de nitrates en plus ou en moins (avec améliorations techniques et économiques).

Figure 1. Marginal cost - marginal productivity for each mg/l of nitrates (after technical and economic improvements).

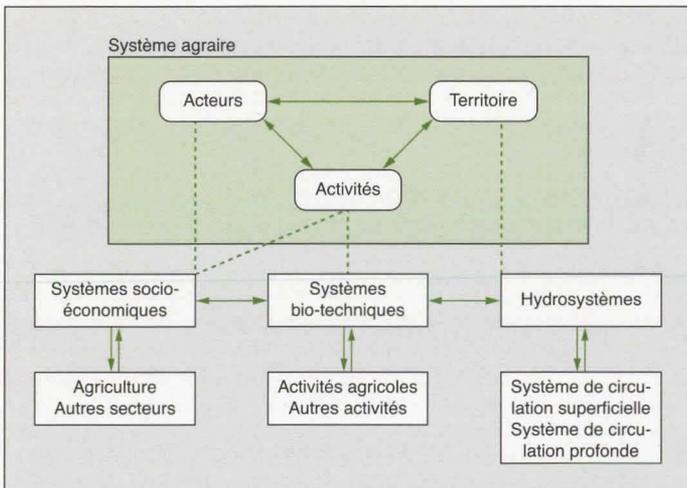


Figure 2. Structure générale du programme.

Figure 2. General structure of the programme.

qu'il se construit un système dont la finalité est de réduire les nitrates tout en développant une agriculture performante. L'étude et le suivi de ce processus de construction nécessitent de mettre en place des outils et des démarches qui, sans être inhabituels pour la recherche, supposent l'articulation de plusieurs points de vue disciplinaires et de plusieurs niveaux d'investigation (figure 2) : de la bougie poreuse à la valorisation de productions agricoles « propres » et à une recherche/action intégrant acteurs et chercheurs au processus d'élaboration des connaissances et des changements, la recherche conduite a de multiples facettes qu'il faut articuler. Compte tenu des pressions, souvent contradictoires des divers partenaires, cela suppose, dans le

cadre scientifique systémique qui est celui pris dans la recherche Vittel, d'accepter d'ajuster et même de piloter la recherche en partie à vue. La contribution de la recherche n'est pas tant de résoudre un problème incomplètement identifié (*problem solving*) - empêcher l'augmentation des nitrates dans les nappes -, ce que pourtant on nous demande, que d'aider à bien poser le problème (*problem finding*) : d'où viennent ces nitrates, qui sont les acteurs qui interviennent dans leur augmentation, quelles sont les pratiques qu'il faut modifier [34, 35] ? La solution ne peut être « inventée » par la recherche, c'est une production collective passant par la construction de nouvelles relations et d'innovations organisationnelles entre les acteurs. Ces innovations s'élaborent

avec difficulté car elles se réfèrent à des projets multiples, endogènes et évolutifs.

Des objets de recherche centrés sur les systèmes techniques

Dans une perspective de recherches finalisées en termes de développement abordé à partir de l'étude du changement technique, nous avons été amenés à construire des objets particuliers ayant un contenu technique et une pertinence sociale. Les systèmes techniques sont au centre de ces constructions qui relèvent d'un choix théorique et ont pour conséquence une démarche méthodologique spécifique.

Cadre théorique

Des objets de recherche pertinents pour l'action...

Nous nous sommes intéressés aux systèmes techniques pour deux raisons :

- ce sont des systèmes d'action, socialement construits pour agir sur le monde, ce qui en fait des objets particulièrement pertinents pour nos recherches ;
- leur contenu théorique, au centre des relations entre des groupes sociaux et le monde physique et biologique sur lequel ceux-ci veulent agir, possède à la fois un contenu social, symbolique et physique.

De ce fait, leur étude permet d'aborder de manière conjointe les différentes dimensions des activités humaines, en particulier dans les relations culture/nature. Il n'y a pas lieu, selon nous, de dissocier dans la pratique actions et connaissances : les processus d'apprentissage par l'action produisent et structurent la connaissance des individus au sein d'un groupe social, en contact avec d'autres groupes, avec d'autres types de savoir. Réciproquement, « produire des connaissances », comme le font les chercheurs, c'est aussi agir, en contribuant à la construction des représentations des objets de la nature ou des sociétés, en les modélisant et en élaborant des choix techniques. Les relations entre ces différentes formes de connaissance - celles des praticiens, des techniciens, des chercheurs - prennent une importance cri-

tique dans des recherches s'intéressant aux processus d'innovation, que celle-ci soit technique et/ou organisationnelle ; en effet, elles sont au cœur des voies d'adaptation aux changements techniques, économiques et sociaux des agriculteurs et des dispositifs d'accompagnement du développement.

... *car socialement construits*

L'étude des systèmes techniques nécessite une interdisciplinarité du fait du découpage des sciences en champs de connaissances distincts, à la différence de l'action et des connaissances produites dans la pratique. Nous nous rapprochons ainsi du champ scientifique de la technologie – au sens de l'acception des ethnologues des écoles française et anglo-saxonne comme Leroy-Gourhan, Haudricourt, Creswell, Conklin, Ingold – mobilisant les sciences physiques et biologiques, les sciences techniques et les sciences sociales. Cette ouverture à la technologie permet de dépasser les limites rencontrées lors des approches pluridisciplinaires habituelles, le plus souvent fondées sur une alliance des sciences biologiques avec l'économie ; comme cela apparaît dans la plupart des modèles de développement durable, dans lesquels les emprunts entre écologie et économie, toutes deux se présentant comme des sciences des systèmes complexes, sont nombreux [36] : interdépendance des êtres, division du travail, allocation du temps et de l'énergie, compétition entre espèces, notion de consommateur, utilisation en écologie de certains formalismes micro-économiques néoclassiques (*cf.* modèles prédateurs/ proies), etc. Mais ces modélisations, fort utilisées dans la problématique de la gestion des ressources naturelles renouvelables, achoppent sur leur opérationnalité en situation réelle de gestion du vivant par des groupes sociaux en situation, développant des technologies qui ne sauraient se réduire à des itinéraires d'optimisation des seules kilocalories, voire des seules valeurs monétaires (par exemple, le modèle planétaire de Meadows *et al.* [37]).

En effet, entre la sphère des objets de la nature saisis par les sciences biologiques et celle des objets de la science économique classique, il y a le champ négligé de l'organisation des groupes sociaux dans leur milieu. C'est au sein de ce champ que nous privilégions l'étude de l'évolution des systèmes techniques qui sont au cœur de la construction et du développement de ces groupes. Ce sont

d'autres démarches qu'il faut développer pour en rendre compte. Des disciplines comme l'anthropologie, la sociologie, la gestion collaborent ainsi étroitement avec les disciplines biologiques (écologie, génétique) et techniques (agronomie, zootechnie) autour d'objets « hybrides » ou « frontières » ayant également sens pour les partenaires praticiens avec lesquels nous travaillons.

Les processus d'innovations sont alors abordés dans le cadre du changement technique. Ce sont des processus de transformation sociale incluant des inventions aussi bien que des emprunts technologiques ; ils portent sur les techniques proprement dites autant que sur leurs conditions de mise en œuvre au sein de systèmes organisés/organisant. Leur étude touche donc à la fois le matériel biophysique (les sols, les plantes, les animaux) et les organisations sociales des sociétés rurales ; c'est pourquoi les différentes disciplines y reconnaissent leurs intérêts réciproques. C'est pourquoi également l'innovation technologique comprend, à notre sens, des dimensions techniques proprement dites ainsi que des dimensions organisationnelles. Ces deux dimensions s'appréhendent à l'échelle des exploitations agricoles sur les procès de production eux-mêmes, ou à celle du tissu économique et social local sur les rapports entre les groupes sociaux et les différents opérateurs des filières de production ou de la gestion des territoires ; elles permettent de comprendre les représentations nouvelles qui s'élaborent et les dynamiques de génération des savoirs et savoir-faire.

Mais les objets n'y sont plus les mêmes que ceux des cadres monodisciplinaires : nous étudions les systèmes de culture d'un parcellaire agricole ; l'organisation de la sole d'une exploitation ; la conduite de troupeaux ; la qualification des produits fermiers (tels que fromages, charcuterie, etc.) ; la constitution d'un terroir agricole ; les réseaux de chemins, de canaux, de haies et de fossés ou des bois, des bosquets et des clairières qui organisent un paysage ; les races que des groupes sociaux identifient, spécifient et revendiquent ; les pâturages que des bergers distinguent pour mieux les associer au cours des journées et au fil des saisons.

Démarche spécifique

Des recherches en situation...

Cette démarche s'applique dans les conditions d'une recherche de terrain, le terrain

étant constitué par les exploitations agricoles et les situations concrètes auxquelles sont confrontés nos partenaires. Il ne s'agit pas d'expériences de laboratoire ni d'interprétations de statistiques toutes faites. Si une partie de ces travaux repose sur l'observation directe d'événements, les entretiens n'en occupent pas moins une place centrale dans nos protocoles d'étude, conçus et réalisés avec toute la rigueur habituelle à la démarche scientifique, de façon à assurer la validité et la fiabilité des informations recueillies.

Il ne s'agit pas là d'une situation banale, ainsi que nous le confirment toutes les analyses sociologiques, socio-linguistiques et ethnologiques de ce type de confrontation entre des modes de pensée qui peuvent être différents. D'autant que, dans le cas présent, le rapprochement concerne, d'une part, la vision du monde issue de la pensée scientifique avec laquelle le chercheur appréhende la réalité (c'est-à-dire en l'occurrence les objets qu'il observe mais également les discours qu'il écoute) et, d'autre part, la vision du monde de l'acteur qui détermine ses actions, constituant ce qu'il est convenu d'appeler la pensée de la pratique. Dès lors, l'entretien n'a pas seulement pour but d'apporter des informations au chercheur pour qu'il nourrisse son propre modèle de la réalité : il doit aussi rendre intelligibles au chercheur les raisons d'agir de l'acteur. Autrement dit, le chercheur construit un modèle de comportement pour l'action de l'agriculteur. Il s'agit d'explicitier la façon dont l'agriculteur, dans les conditions de sa pratique, se pose ses propres questions et y apporte ses propres réponses.

Il s'agit, pour nous, d'aborder ainsi avec la rationalité scientifique l'étude d'autres rationalités (celles des « sujets » auxquels nous nous intéressons) en ayant non seulement la compréhension, mais également l'intervention pour perspective [38, 39]. Il n'est pas question de prendre le risque d'interpréter des actes comme irrationnels, ni d'envisager des investigations lourdes en termes de psychologie individuelle de leurs auteurs ; il s'agit en fait de nous rendre intelligibles les raisons des autres.

Nous sommes ici au cœur des questions posées par la rencontre entre plusieurs systèmes de connaissances, toutefois réunis par un projet commun de résolution de problème. Cela nécessite, pour le chercheur, de prendre en considération un certain nombre de précautions méthodologiques pour éviter deux

écueils : celui de la « description auto-justificatrice », qui se contente d'interpréter des représentations et de les idéaliser au nom des conceptions légitimes qui les sous-tendent, et celui de « la prescription résolutive », qui recherche les solutions aux problèmes et vise à les appliquer auprès de ceux qui les posent, indépendamment des conceptions et des systèmes de normes de ceux-ci. C'est bien la rencontre et le travail conjoint entre des sciences sociales orientées vers la compréhension des systèmes de pensée et des sciences techniques finalisées par l'évaluation des processus biotechniques qui peuvent permettre d'éviter ces écueils et de mettre en évidence les limites et les inerties des savoir-faire pratiques et d'inciter à l'émergence de solutions acceptables. Nous avons consacré à ces questions un numéro entier de la série *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* [40].

Reconnaître que « les agriculteurs ont des raisons de faire ce qu'ils font » ne doit pas conduire pour autant à nier toute transformation, tout dynamisme en cours ou potentiel : la connaissance pratique n'est pas figée, les processus d'apprentissage opèrent en situation (adaptation aux incertitudes climatiques, économiques, etc.) et les emprunts sont possibles (réseaux de dialogues et d'échanges techniques entre praticiens, dispositif d'appui et de conseil techniques, etc.). Ceci nous conduit à prendre des distances avec des postures comme « l'individualisme méthodologique », qui ne prennent pas en compte les liens sociaux qui tissent le contexte culturel dans lequel se situent les acteurs individuels. Les sociologies constructivistes, qui privilégient les dimensions compréhensives plutôt que les aspects structurels, ainsi que les approches du type de celles de l'anthropologie des techniques prennent en compte l'élaboration sociale de ces dernières.

... fondées sur une démarche exigeante

Les méthodes que nous utilisons reposent sur l'observation et l'interprétation scientifique des « pratiques » (c'est-à-dire des actes techniques tels qu'ils sont mis en œuvre) et sur la conduite d'entretiens analysés par les techniques d'analyses de discours (et en particulier en situation de dialogue entre chercheur et praticien [41-43]). Car, si le savoir des agriculteurs et des praticiens est certes légitime, celui des chercheurs biotechniques l'est aussi !

À l'aide de démarches constructivistes et « systémiques » nous organisons nos propres éléments de connaissance scientifique, qui nous sont indispensables pour dépasser la constatation de la rationalité des acteurs et ainsi énoncer un point de vue extérieur, mais légitime, sur leurs actes. Les comportements économiques ou sociaux de ces acteurs, la façon dont ils agissent sur les processus physico-chimiques et biologiques au travers de leurs actes techniques leur permettent-ils d'atteindre leurs fins ? S'en donnent-ils les moyens ? En mesurent-ils et en maîtrisent-ils les effets directs, d'une part, et les conséquences indirectes, d'autre part ? Pour cela nous sommes amenés à conduire nos propres observations sur les processus en question, sur lesquels nous développons des points de vue disciplinaires référés à des cadres théoriques connus et donc à des repères existants pour les disciplines concernées. Ce sont les protocoles expérimentaux [44] qui portent sur des expérimentations au sens classique du terme aussi bien que sur des observations quantifiées du fonctionnement des systèmes complexes, ce qui nécessite une attention particulière aux méthodes de modélisation, dans lesquelles le processus proprement dit est au moins aussi important que le « modèle final » [45].

Les recherches que nous menons dans cet objectif s'appuient de façon complémentaire sur :

– la construction du modèle de comportement pour l'action de l'agriculteur, à partir d'observations de ses pratiques et d'analyses des entretiens que nous conduisons avec lui : cette phase permet d'identifier quels sont les objets véritablement gérés par les agriculteurs, de caractériser les informations qu'ils se constituent sur ces objets et les modalités de leurs actions sur ces mêmes objets ;

– la production de connaissances scientifiques sur des objets qui ne correspondraient pas jusqu'à maintenant aux objets habituels de la recherche : il s'agit de les définir et de les caractériser, y compris dans leurs dimensions temporelles et éventuellement spatiales, puis de se constituer des modèles de leur fonctionnement permettant de situer les indicateurs à partir desquels les agriculteurs s'informent sur les processus en cours et, enfin, de simuler les effets (et les conséquences) des actions engagées à tel ou tel moment ;

– l'interprétation, en termes techniques, et la discussion avec nos partenaires des écarts entre les référentiels constitués à

partir des connaissances scientifiques et les résultats et performances observés dans la situation étudiée ; c'est ainsi que s'instaure la confrontation entre ce que l'agriculteur pense et fait et ce que le chercheur pense que l'agriculteur pourrait faire : c'est ce dialogue, posé en termes de décalage d'appréciation et non en termes de confrontation de normes, qui permet d'engager une phase de diagnostic réellement interactive, puisque fondée sur l'identification commune du champ qui fait question.

Les pratiques peuvent alors être évaluées selon les trois dimensions que propose Landais [12, 13] : leurs modalités (comment les actes techniques sont-ils conduits ?), leur efficacité (le résultat obtenu), leur opportunité ou plutôt leur effectivité (permettent-elles d'atteindre les objectifs visés par celui qui les met en œuvre ?). La conjonction de ces trois points de vue est en effet nécessaire pour alimenter une évaluation qui prenne en compte à la fois les connaissances scientifiques et les conditions de réalisation des actions observées, de façon à envisager d'éventuelles modifications qui soient scientifiquement fondées et socialement pertinentes. On voit qu'une interdisciplinarité étroite est constitutive d'une telle démarche et c'est ce processus que nous allons illustrer à partir de quelques objets de recherche spécifiques.

Illustrations par quelques « objets frontières »

Des objets de la gestion de production à l'échelle individuelle

La conduite des animaux

Sans rejeter les connaissances de base en nutrition, en physiologie ou en pathologie animales, nous avons été amenés à les enrichir par de nouveaux concepts plus pertinents pour rendre compte des pratiques des acteurs et, de ce fait, plus aptes à être le support des démarches d'aide à la décision. Dans le cadre de l'étude des systèmes d'élevage, nous avons ainsi identifié le troupeau comme étant l'objet effectivement géré par les éleveurs alors que la plupart des chercheurs ont plutôt, jusqu'à maintenant, privilégié l'étude de l'animal individuel constitué d'un ensemble de fonctions, comme la reproduction, la nutrition, la santé, etc. Or, un troupeau ne peut pas se réduire à la simple agrégation des individus qui le composent : il est doué de propriétés émergentes du fait

de son fonctionnement en tant que groupe (apprentissage des jeunes, interactions hiérarchiques entre animaux, pathologies circulantes, attitudes par rapport à l'éleveur, etc.) et de son pilotage par un agriculteur (décisions relatives au système d'alimentation, à la conduite de la reproduction, au matériel génétique pur ou croisé, à la prophylaxie de certaines maladies ; pratiques d'hébergement, de séparations en lots et de regroupements, etc.). Un troupeau se distingue ainsi d'un autre, bien souvent d'abord parce qu'il est géré par un éleveur différent.

Ainsi nous avons été conduits à élaborer les termes de la connaissance scientifique de ce nouvel objet de recherche, comme la notion de carrière, pour rendre compte de l'itinéraire temporel des animaux au cours de leur vie productive [46-48], ou bien celle de femelle circulante [49] et l'étude des formes de courbes de mise bas des troupeaux, pour expliquer et évaluer l'organisation des productions [50], ou encore celle de performances sanitaires indissociables, pour nous, des performances zootechniques, pour évaluer les résultats de conduite d'un troupeau. Des regards particuliers ont complété ces approches par la valeur symbolique attachée à la reproduction du troupeau, en particulier pour des éleveurs ovins en situation de croisements industriels [51]. Des approches voisines ont été récemment développées pour l'étude des systèmes de culture en productions végétales, comme la sole, étudiée comme la portion de territoire où sont coordonnées les actions culturelles sur une même espèce (ou une association d'espèces) végétale [52].

La conduite du pâturage

Nous prendrons ici l'exemple de l'alimentation des animaux sur parcours. Depuis quelques années, nos travaux de recherche ont porté sur les savoir-faire des bergers et sur l'évaluation de leurs performances dans la maîtrise de la conduite alimentaire [53, 54]. Dans le cas des parcours, ces savoir-faire s'expriment dans la conception du circuit de pâturage quotidien du troupeau, associant différentes portions de territoire afin de provoquer des séquences alimentaires synergiques au cours du repas. Face à l'hétérogénéité d'un parcours, il ne s'agit pas pour eux de repérer quelques parcelles homogènes et de qualité pour y appliquer les normes des tables de valeurs alimentaires des fourrages ; il s'agit, au contraire, de valoriser

la diversité spatiale en termes d'appétabilité par la conception d'enchaînements qui stimulent l'appétit envers les ressources les plus abondantes, mais grossières et vis-à-vis desquelles les animaux ne s'enthousiasmeraient pas spontanément.

Revaloriser la technique du circuit de pâturage ne consiste pas ici à un simple retour à des pratiques anciennes : les génotypes ont changé, les exigences de production sont plus élevées et de nouveaux enjeux en termes d'entretien de l'espace sont apparus... [55]. Les recherches portent sur la conception de modèles de rationnement spatialisés, favorisant l'ingestion de végétations « cibles » dont on cherche soit à maîtriser les dynamiques envahissantes, soit à assurer le renouvellement. Les différentes zones à enchaîner au cours d'un circuit sont faites le plus souvent de plusieurs communautés végétales et se voient attribuées l'un des six rôles suivants au cours du repas : mise en appétit, modération, plat principal, relance, plat secondaire et dessert [54]. La qualité de la conception passe par la maîtrise de la fréquence de rencontre du troupeau avec les lieux et les ressources nouvelles et avec les plantes préférées. En phase avec les modèles les plus récents en nutrition animale, privilégiant l'analyse de la cinétique des repas et le raisonnement des interactions entre aliments, de telles organisations sont susceptibles de provoquer une ingestion de fourrages grossiers de parcours à des niveaux voisins de ceux d'un ensilage d'herbe, et de garantir des niveaux élevés de performances zootechniques tout en assurant une relative maîtrise des dynamiques d'embroussaillage.

Des objets de la gestion collective

La race bovine

Il s'agit ici de recherches portant sur la gestion des populations animales domestiquées. Ainsi, des travaux conduits dans les années 60, dans le cadre de la RCP (recherche coopérative sur programme CNRS) « Aubrac » se sont attachés à considérer la race bovine locale comme le témoin d'un « établissement humain » menacé. Cette acception intégrait à la fois la base territoriale et les filières locales originales d'exploitation et de valorisation des produits (veaux, fromage de Laguiole) ; la race a pu ainsi être étudiée en référence aux travaux des ethnologues promoteurs de cette recherche (Leroi-Gourhan et son équipe) comme

un fait technique collectif, défini à travers des pratiques individuelles mais également à travers des fonctionnements collectifs. Elle porte ainsi d'emblée des dimensions sociales mais aussi géographiques, qui ont été à la base de projets de développement locaux qui ont depuis fait la preuve de leur efficacité. Les zootechniciens impliqués dans le projet ont été confrontés à un élevage dynamique et réellement innovant, dans une situation où les schémas habituels de sélection, s'appuyant sur un grand nombre d'éleveurs, n'étaient absolument pas fonctionnels : la société aubracienne développait néanmoins de réelles capacités à adapter les modes d'élevage aux impératifs de la modernité sans pour autant ignorer ses racines et perdre son identité [56]. La race animale constitue ainsi un élément identitaire très fort des réseaux socio-techniques locaux qui associent les processus de qualification des reproducteurs, les modes de conduite des troupeaux et des filières originales de produits typés et spécifiés à forte valeur ajoutée [57].

La conception d'un nouveau produit de charcuterie

De nouveaux objets s'élaborent à partir d'un produit transformé, comme le saucisson sec. Dans une dynamique innovante de mise au point d'un produit de haut de gamme commercialisable en été, période touristique, des éleveurs corses s'organisent pour revoir les procédés traditionnels de fabrication de saucissons secs habituellement fabriqués en hiver pour être consommés au printemps : il s'agit de passer de savoir-faire tacites, issus de la culture technique locale, à des savoir-faire explicites, reproductibles et pouvant faire l'objet d'une garantie vis-à-vis des consommateurs, tout en gardant un caractère artisanal, au sein de filières courtes. Un nouvel objet technique a ainsi été créé dans le cadre d'une opération de recherche-action, impliquant des chercheurs technologues avec les éleveurs et les artisans concernés : le saucisson prêt au report (c'est-à-dire à la conservation jusqu'en été) qui se caractérise scientifiquement par la modélisation des processus de maturation charcutière (perte en eau, oxygénation des graisses, etc.) élaborée à partir des variations d'état des saucissons fermiers ordinaires. Cela conduit à de nouveaux procédés de fabrication (type d'embossage, diamètre des boyaux, etc.) et à de nouvelles techniques de conservation. Ce processus de génération d'un nouvel objet technique a été à l'ori-

gine d'un nouveau mode d'organisation des acteurs concernés, en rendant explicites les règles de coordination indispensables à la réussite de leur projet [58].

Aide à la négociation sur la qualité de l'eau

La recherche sur les nitrates, évoquée plus haut dans le texte [32], exprime bien ce type de déplacement d'objet qu'il a fallu réaliser pour traiter une question particulière qui n'entre pas *a priori* dans l'espace des problèmes des agriculteurs : la pollution des nappes phréatiques par des résidus de fertilisation. Il s'agit de conséquences des pratiques sur des objets qui ne sont pas directement visés dans le champ des connaissances des agriculteurs qui, d'une part, ne sont pas directement producteurs d'eau (et donc ne se sentent pas en responsabilité de sa qualité) et, d'autre part, n'épandent pas directement des nitrates mais des engrais organiques ou minéraux. L'invention de la notion de productivité marginale des nitrates par les chercheurs agronomes et économistes ensemble, en relation avec leurs partenaires du terrain, a ainsi permis de faire se rencontrer deux mondes : celui qui évalue la qualité de l'eau (en particulier sa teneur en nitrates) et celui qui raisonne la productivité marginale de ses facteurs de production (en particulier d'intrants coûteux comme les engrais minéraux ou de produits intermédiaires gênants comme peuvent l'être les lisiers). Les négociations ont alors pu être conduites entre ces différentes catégories d'acteurs à partir d'un objet nouveau, pertinent pour chacun et permettant des simulations, car modélisable [59].

Difficultés et enjeux de cette collaboration entre sciences techniques et sciences sociales

Une difficile mise à l'épreuve des enjeux de développement dans les PED

Après l'engouement de la fin des années 70 qui a marqué le formidable

essor de la démarche systémique dans le monde des recherches agronomiques, en particulier pour les pays en développement (« *development must be economically viable, ecologically sound, socially just and human, culturally appropriate (or correct), grounded in holistic science* »), on doit constater une certaine déception à partir de la fin des années 80. Des critiques apparaissent sur la faiblesse des bases théoriques et conceptuelles d'une démarche jugée par ailleurs trop monolithique. En 1986, l'US-Aid et la Banque Mondiale commencent à retirer leur support financier à un grand nombre de projets, dont les progrès sur le terrain leur semblent trop longs et les résultats, suivant leurs critères, non probants. De son côté, Morin [60], pourtant fervent défenseur des démarches systémiques, critique le mauvais côté du systémisme triomphant, son côté passe-partout avec trop d'abstraction générale qui éloigne et détache du concret. Le Moigne préfère d'ailleurs parler de systémique (science des systèmes) plutôt que de systémisme (qui rappelle les avatars idéologiques) pour montrer que l'enjeu est scientifique avec un projet de connaissance qui autorise de l'instituer en « discipline enseignable ».

D'une façon générale, le désenchantement relatif vis-à-vis des possibilités des recherches systèmes en agriculture, pour répondre aux besoins des agricultures et des agriculteurs des pays en développement (PED), montre que les réelles difficultés de la démarche n'ont pas toujours été surmontées. Il nous semble que les échecs sont en partie liés au manque d'articulation des recherches systèmes avec les recherches analytiques-sectorielles, à une relative incompréhension entre les chercheurs sur le terrain (dans les exploitations, dans les terroirs agricoles) et ceux travaillant en station et laboratoire, et souvent aussi à la trop grande prédominance des sciences sociales. De plus, des chercheurs des sciences agrotechniques se transforment quelquefois en généralistes avec un vernis en sciences sociales affaiblissant leur ancrage et leur problématique scientifiques. Ces dérives sont sans doute particulièrement accentuées dans les pays en développement où pourtant les premières recherches systèmes ont été développées.

Il est intéressant de préciser quelque peu les raisons qui expliquent pourquoi, malgré les moyens considérables qu'ont eus les recherches systèmes dans la fin des

années 70 et 80 en particulier en Afrique, on peut parler d'échec relatif.

Les recherches systèmes produisent souvent de bons diagnostics identifiant clairement les contraintes qui empêchent les agriculteurs d'adopter des technologies plus adaptées ou qui bloquent le développement des terroirs. Mais, par manque d'articulation avec les recherches sectorielles, les analyses techniques sont insuffisantes, ce qui ne favorise pas l'émergence de solutions applicables. Les chercheurs en station sont insuffisamment impliqués et ne peuvent pas rapidement changer leurs problématiques pour tenir compte des « découvertes » ou des priorités des recherches systèmes. Cela explique en partie les relations quelquefois tendues entre les chercheurs en station (« conduisant les seules recherches scientifiques » !) et ceux se situant dans une démarche systémique (« conduisant des travaux indispensables chez les agriculteurs car les résultats des recherches menées en station concernent rarement les agriculteurs » !). Il faut, par ailleurs, reconnaître que les diagnostics produits par les recherches systèmes sur le terrain sont quelquefois trop globaux, voire superficiels ou trop exclusivement socio-économiques pour définir concrètement des priorités pouvant être appréhendables et conduites par les recherches sectorielles en laboratoire et en station. Il est souvent reproché, à juste titre, aux chercheurs systèmes de ne pas faire l'effort suffisant pour limiter leurs champs de compétence afin que les thèmes étudiés soient traitables.

Il faut aussi souligner que les thèmes techniques issus de ces recherches systèmes et de ces diagnostics sont souvent très éloignés ou en rupture avec le *main stream* des recherches en station : recherches sub-optimales sur des caractères secondaires dans la sélection variétale, recherches sur de petites unités de production, etc. Il est en effet frustrant et peu valorisant pour un chercheur d'engager des recherches génétiques devant produire des variétés qui ne développeront pas tout leur potentiel parce que les conditions locales ne permettent pas de l'exprimer. Cette contradiction est certes très importante dans les pays en développement, particulièrement dans les centres de recherche internationaux, mais elle n'est pas spécifique de ces pays. Le zootechnicien Teissier avait fait le même constat au début des années 80 à propos du manque de références sur les techniques de mini-ranching, apparemment

utile pour la montagne vosgienne mais qui n'intéressait aucun collègue en laboratoire [10].

Il faut rappeler que les réponses aux différentes questions de développement supposent des innovations à la fois techniques et organisationnelles. Ces réponses sont évidemment élaborées collectivement par les différents acteurs de ces systèmes agraires. L'articulation de ces deux types d'innovations est difficile, mais il nous semble que c'est l'enjeu majeur de nos sociétés et un défi pour les recherches systèmes. Cela suppose de tout faire pour améliorer les collaborations scientifiques entre les sciences biotechniques et les sciences sociales, celles-ci n'étant pas réduites à la seule science économique.

Un gain d'intérêt récent dans les pays industrialisés

Si les recherches systèmes marquent un peu le pas dans les PED, facilitant malgré tout une réflexion positive sur les insuffisances constatées, il est encourageant de voir que des équipes européennes conduisent des recherches interdisciplinaires et systémiques qui connaissent un réel essor dans les pays développés, comme le montre le succès des symposiums européens organisés depuis quelques années suite au symposium international de Montpellier [5]. Ces équipes ont eu jusqu'à maintenant une visibilité moindre car elles sont moins organisées, les chercheurs participant à ce type de recherche ne voulant pas couper les relations avec leurs disciplines d'origine qui d'ailleurs s'ouvrent à ces perspectives interdisciplinaires. Cela se traduit par une hésitation à créer une association européenne « Recherches systèmes en agriculture et développement rural », même si des symposiums européens se tiennent régulièrement depuis 1993, en dehors des manifestations disciplinaires auxquelles chacun participe dans son domaine. Il reste en effet que, dans les pays développés, il y a de plus en plus de travaux reconnaissant la complexité des problèmes de développement et la protection de la qualité de l'environnement, liés à l'agriculture, et utilisant les concepts de la modélisation systémique, de la recherche-action, de la démarche interdisciplinaire. Un ouvrage récent présente ainsi des études de cas et des réflexions théoriques sur la place des processus d'apprentissage dans les

démarches participatives dans les agricultures des pays industrialisés [61].

La situation est identique dans le continent nord-américain [62]. Si nous prenons le cas des États-Unis, il est intéressant de noter qu'il y a actuellement un véritable bourgeonnement et un réel dynamisme autour de ces nouvelles problématiques de recherche-système. Ce bourgeonnement n'est pas organisé sur le plan national ; il y a malgré tout des tendances que l'on retrouve et qui se structurent autour de certains points : complexité des objets et des questions – érosion, pollution, production durable et reproductible (*sustainability*) – ; *participatory approach*, associant les acteurs impliqués dans la recherche. Toutefois, ces équipes ont peu de liens avec l'*Association for Farming Systems Research and Extension (AFSRE)* qui a été créée il y a quelques années avec un financement de l'US-Aid et qui regroupe des équipes travaillant essentiellement dans les PED avec la démarche dite de *Farming Systems* (Universités de Floride, de MSU, d'Arkansas, etc.).

Enjeu d'une synergie forte entre recherche et formation

La réussite d'une démarche de recherche-action avec un groupe d'acteurs suppose fondamentalement une action de formation du groupe et cet acte peut être en même temps une condition de leur participation.

L'insertion de plusieurs équipes de recherches système Inra-Sad dans des complexes de l'enseignement agronomique et le fait que plusieurs membres des équipes soient des enseignants chercheurs expliquent sans doute la part importante accordée à la formation dans le travail de ces équipes. Cette articulation est un élément constitutif des recherches systèmes.

Les idées développées ici doivent beaucoup à Éric Marshall, pendant longtemps responsable de la définition des programmes dans les lycées agricoles et de la formation continue à l'Enesad et membre de l'équipe de recherche Inra-Sad Versailles Dijon, il est aujourd'hui doyen de l'inspection de l'enseignement agricole au ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Dans un article, dont des passages sont repris ici, Marshall [63] identifie trois types de relation entre la recherche système et la recherche péda-

gogique. Les concepts élaborés par la recherche participent au progrès des connaissances et donc au renouvellement de la formation des agriculteurs et des conseillers. C'est une des vocations de la recherche que de contribuer au mouvement général des connaissances et au renouvellement de la conception même de la formation. Les travaux de recherche du Sad sur le fonctionnement de l'exploitation agricole ont fourni une clé de passage d'une pédagogie centrée sur des connaissances techniques à une pédagogie centrée sur l'action des agriculteurs. Ainsi, des outils et méthodes comme l'analyse du comportement économique de l'agriculteur dans ses prises de décision, l'analyse de l'exploitation en termes de système (concept du système famille exploitation), l'analyse des pratiques et des techniques, l'approche globale de l'exploitation agricole, le diagnostic global d'exploitation permettent aux formateurs d'avoir un autre regard sur l'exploitation agricole (figure 3A).

Des expérimentations pédagogiques associant étroitement chercheurs du Sad, formateurs et chercheurs en pédagogie permettent d'élaborer un champ commun. Ces expérimentations sont indispensables pour la recherche car elles permettent le passage des concepts à leur formalisation et à la transférabilité des méthodes (« produire des énoncés enseignables » dit Le Moigne). Une expérimentation a été conduite avec la participation de l'Inra-Sad, de la recherche pédagogique et de deux lycées agricoles. Il ne s'agissait pas seulement d'utiliser des concepts élaborés par la recherche, mais de faire participer directement des chercheurs du Sad dans un chantier de recherche pédagogique au cours duquel devait s'élaborer progressivement un champ scientifique commun. Par ailleurs, pour que les acquis de la recherche soient diffusés au plus grand nombre d'agriculteurs et d'acteurs du développement, il est indispensable d'avoir recours à une structure de formation. C'est en effet la structure privilégiée qui permet de tester la généralisation des méthodes et leur transférabilité dans le milieu agricole (figure 3B).

Le champ de recherche pédagogique entre directement dans le champ scientifique comme élément constitutif des recherches. Les chercheurs sont amenés à travailler de façon prolongée en étroite collaboration avec des agriculteurs. Ceux-ci acceptent de livrer leurs pratiques à l'observation de la recherche parce que,

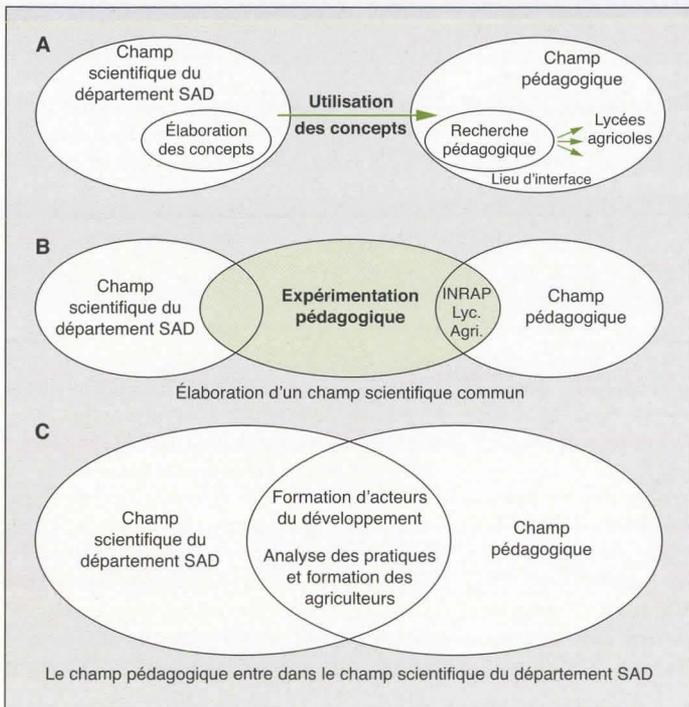


Figure 3. A. 1^{er} type de relation; B. 2^e type de relation; C. 3^e type de relation.

Figure 3. A. First type of relationship; B. Second type; C. Third type.

en retour, ils acquièrent une formation qui est la condition de leur participation à ce travail de recherche. Le travail du chercheur constitue un détour par rapport à l'action de l'agriculteur, ce détour jouant un rôle de miroir puisqu'il renvoie à l'agriculteur une image de sa réalité, de ses pratiques, qui lui permet de prendre de la distance par rapport à celles-ci et donc de se former. Par ailleurs, cet engagement des chercheurs dans la formation continue n'est pas seulement un transfert de connaissances, c'est aussi l'occasion de faire le point sur l'état d'avancement des recherches et de déboucher sur des problématiques nouvelles issues des questions des agriculteurs (figure 3C).

Conclusion

L'institutionnalisation d'un champ de recherches, associant étroitement production scientifique et action, au sein de l'Inra a donné une visibilité aux sciences de la complexité par l'organisation du

Summary

Integration of bio-technical, economic and social sciences

J. Brossier, B. Hubert

For the forty-year period immediately following World War II, during which the rural world experienced profound economic and social upheaval, a widening gap became apparent between the diverse expectations of the farming and agri-food sectors, and the recommendations and technical advice offered by agricultural research and extension. This gap is a reflection of the increasing separation that exists between the different scientific disciplines as a result of the dominant epistemology, often referred to as reductionism or positivism. New practices have emerged as researchers seek disciplines which allow them to grasp the technical needs of the economic and social groups involved, and the local challenges presented by rural development. These practices, converging with equivalent approaches in other domains, have contributed to the birth of a new constructivist epistemological paradigm.

Researchers confronted with actor-group decision-making and practices, using tools emanating from disciplines concerned with dissecting reality, have not been in a position to apprehend the multiple consequences of decisions made by farmers and the systems in which their research involved them. This unsatisfactory situation incited some researchers to investigate other disciplines, shaping a course for an interdisciplinary and systems approach, bringing technical disciplines and social sciences closer together. Clearly, the most serious consequences of disciplinary barriers are felt in the domain of action, since action involves several disciplines. The various research fields dealing with agriculture have their domains of competence and their analysis tools defined by scientific concepts and methods that are out of touch with the actual practices used by farmers. The systems approach puts the emphasis on interaction and interfaces, on the project underlying the action, and allows activity functions, thus the overall management of the project under study, to be apprehended. This approach is also connected with a direct social demand, entailing a specific type of methodology: action-research.

Studying farmers' management methods and decision-making obviously covers their techniques, but even more their practices, and certain researchers in agronomy were the first to recognize this. This was an important step forward, and worth mentioning, since it enabled parity to be established between the social sciences and the biotechnical sciences. A technical skill is the interconnection of two necessary aspects of agricultural activity: first the consequences of a technical activity involving the soil, plant cover, or livestock, and second the determining factors for implementation on the farm. This concept is on the cusp between the physical environment and the socio-economic environment.

In this context of research objectives oriented towards development, which is examined using the study of technical change, we have been involved in constructing specific research projects covering both technical and social aspects. Techniques are at the core of these constructions which imply a certain choice of theory, resulting in a specific methodological approach that will be detailed below before illustrating our remarks with a few examples of research carried out.

Our research subjects are relevant for decision-making because they are elaborated by social groups. We became interested in technical systems for two reasons:

– they are action systems, elaborated by social groups to affect the world; which means that they are particularly relevant subjects for our research;
– for their theoretical side: technical systems are central to the relationships between social groups and the physical or biological domains in which these groups wish to act, and have at once social, symbolic and physical aspects. Thus study of technical systems enables these different dimensions of human activity to be examined simultaneously, especially relationships between culture and nature.

Between the sphere of aspects of nature studied by the biological sciences and that of aspects studied by traditional economics, a whole field has been neglected relative to the organisation of social groups in their environment. Within this field we give high priority to the study of change among technical systems that have been instrumental in the development of these groups. Different disciplines closely collaborate in the study of "hybrid" or "borderline" subjects which also have meaning for the farmers and technicians with whom we work. Innovation processes can then be examined in the context of technical change. Their study concerns at once biophysical matter (soils, plants, animals) and the social organisation of rural societies, so the different disciplines are aware that their mutual interests lie here.

Our research objectives require that research be carried out in the field based on rigorous methodology: observation of practices, experimentation design, elaboration of a behaviour model for farmer action and other modelling methods, interpretation in technical terms, and discussion with our partners about the inevitable discrepancies between the referentials based on scientific knowledge and the results and performance observed in the actual situation under study.

Several examples of "borderline subjects" are: (i) research subjects involving production management on the individual scale: livestock management; grazing management; (ii) collective management projects: cattle breeds (creation of country pork products); research aid for negotiations regarding water quality.

Training is an inherent component and condition of success of systems research. A research project involving a number of actor-groups incorporates training of these groups and their participation in the project can be subject to this training. Thus, the educational research field intersects with the INRA Sad department scientific field.

Thus is outlined briefly a field of research closely associating science and action. This is the field of the Inra Sad department. Researchers of this department feel that they have an essential role to play in "innovation networks" which is where the different viewpoints of actor-groups converge, where mutual learning takes place, and where know-how is elaborated and combined.

One of the criticisms that can be levelled at this type of approach is that of the local nature of the issues examined which thus have little generative value. In other words, what is the scientific value of constructivist systems research, inductive methods and case-studies? The important thing is the way in which, given a specific case, contingent problems and scientific knowledge interconnect, and how an analysis and action process actually functions. These methods produce "teachable concepts", because they produce methods for elaborating descriptive models, functioning models or decision-making models either to explain the structure and functioning of an organisation, or to identify the similitudes and correlations between phenomena in order to predict probable changes or to invent decision-making tools. Thus in situations such as mineral water protection, we have designed methods and models which are in fact processes facilitating the collective invention of solutions. These methods can be generalised to other situations involving the management of natural resources.

To sum up, it is the aptitude of systems research to give coherence to the observed phenomena and to make them intelligible, and also to render action relevant, that validates the modelling and methods that have been elaborated and gives them generative value.

Cahiers Agricultures 2001 ; 10 : 25-39.

département Sad sur une étroite interdisciplinarité des sciences de la nature, des sciences des techniques et des sciences sociales, en forte interface avec la formation. En effet, son champ scientifique s'est construit sur l'étude des systèmes techniques, comportant des dimensions biotechniques et sociales. Le Sad se donne pour projet de construire, à partir de l'identification de catégories et règles pertinentes pour l'action, un corps de connaissances sur les processus de transformation des activités agricoles et agro-alimentaires et sur les changements en

cours dans les relations entre les acteurs du monde rural. Les chercheurs du Sad pensent qu'ils ont un rôle essentiel à jouer dans les réseaux d'innovation où les divers points de vue des acteurs se confrontent, où les apprentissages mutuels sont susceptibles de se développer et où les savoir-faire s'élaborent et se combinent.

Une des critiques qui peut être faite à une telle démarche est celle du localisme des questions traitées et donc d'une valeur générative limitée. Cela revient à argumenter la valeur et le statut scienti-

fiques des recherches systémiques constructivistes qui s'appuient sur des démarches inductives et des études de cas.

La question générale du statut scientifique de ces méthodes n'est pas nouvelle. Elle concerne depuis longtemps les chercheurs étudiant des systèmes complexes en situation comme les écologues développant la méthode des analyses comparatives ou comme les chercheurs en sciences sociales, dont Clyde Mitchell, l'un des théoriciens des réseaux d'innovation qui a développé la notion d'inféren-

ce logique qu'il oppose à l'inférence statistique ou énumérative. Pour lui « la mesure dans laquelle la généralisation peut être faite à partir d'études de cas dépend de l'adéquation de la théorie sous-jacente et de tout le corpus de connaissances apparentes au cas étudié plutôt que de l'exemple particulier en lui-même » [64].

Nous pouvons ainsi nous interroger avec Passeron [65] sur la spécificité de recherches empiriques orientées vers la représentation du monde plus fondées sur l'observation et le suivi de situations particulières (non-reproductibilité des situations, difficulté à définir strictement des conditions initiales, etc.) que sur l'expérimentation comme le sont les sciences expérimentales classiques. La compréhension du sens et l'interprétation théorique et conceptuelle qui sont induites de ces travaux empiriques ne sont certes pas réfutables ou « falsifiables » au sens poppérien du terme. Ce qui importe c'est la manière dont s'articulent, sur un cas singulier, des problèmes contingents et des connaissances scientifiques et comment a fonctionné un dispositif d'analyse et d'action [66] ; un effort particulier d'explicitation doit être réalisé afin d'énoncer clairement le fonctionnement de tels dispositifs pour les rendre évaluable et transposables à d'autres situations [67]. Et pourtant ces démarches produisent des « énoncés enseignables » car, ce faisant, elles produisent des méthodes pour élaborer des modèles descriptifs, de fonctionnement ou de décision selon que l'on cherche à expliquer la structure et le fonctionnement d'une organisation, à identifier des similitudes et des corrélations entre phénomènes pour prévoir des évolutions probables ou à concevoir une aide à la décision. Ainsi, dans des situations comme celles de la protection des eaux minérales, nous avons mis au point des méthodes et des modèles qui sont en fait des processus facilitant l'invention collective de solutions, dont la méthodologie est généralisable à d'autres situations de gestion de ressources naturelles. Ainsi, lors du compte rendu de l'atelier méthodologique du symposium de Montpellier de 1994, Peter Matlon [68] conclut qu'« il y a un accord unanime parmi les participants pour affirmer que le produit principal des modèles est dans l'apprentissage qui intervient pendant les phases de conceptualisation et de validation et non dans les résultats analytiques eux-

mêmes ». C'est la thèse qui est également développée par LEARN@paris group [61].

C'est essentiellement l'aptitude de la recherche système à donner, par sa construction théorique, une cohérence aux phénomènes observés et à les rendre intelligibles, mais également à permettre d'agir avec pertinence, qui valide la modélisation et les méthodes élaborées et leur donne un caractère génératif ■

Références

1. Gras R, Benoit M, Deffontaines JP, et al. *Le fait technique en agronomie*. Paris : L'Harmattan, 1989.
2. Vallerand F. The contribution of action-research to the organisation of agrarian systems. Preliminary results of experiments under way in France. In : Dent B, McGregor M, eds. *Rural and farming systems analysis. European perspectives*. London : CAB International, 1994 : 320-37.
3. Brossier J, Chia E. Participatory research : water quality and changes in farming systems. In : Dent B, McGregor M, eds. *Rural and farming systems analysis. European perspectives*. London : CAB International, 1994 : 282-304.
4. Albaladejo C, Casabianca F. Éléments pour un débat autour des pratiques de recherche-action. In : La recherche-action. Ambitions, pratiques, débats. *Etud Rech Syst Agraires Dev* 1997 ; 30 : 127-49.
5. Sebillotte M. Systems research and action. Interdisciplinary excursions. In : *Systems-oriented research in agricultural and rural development*. Proceedings of International AFSRE Symposium Montpellier 1994. CIRAD, 1996 : 35-72.
6. Brossier J, de La Vaissière P, Liénard G, Petit M. Systèmes de production en région de grandes cultures. In : *Économie et Sociologie Rurales* 1974 ; INRA Dijon-Theix, Versailles : SEI ; 292 p.
7. Couty P. Le cercle des sciences. Réflexions sur la recherche multidisciplinaire. *Cah Sci Hum Orstom* 1993 ; XXIX : 231-7.
8. Gastellu JM, Germain N, Herve D, Malpartida E. Interdisciplinarité et quiproquos : témoignage à plusieurs voix. *Cahiers de la Recherche Développement* 1996 ; 35 : 22-8.
9. Jollivet M (éd). *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. Paris : CNRS, 1992 ; 589 p.
10. Teissier JH. Relations entre techniques et pratiques. *Bull de l'INRAP* 1979 ; 38.
11. Deffontaines JP, Petit M. Comment étudier les exploitations agricoles d'une région ? *Etud Rech Syst Agraires Dev* 1985 ; 4 : 47.
12. Landais E, Deffontaines JP. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Etudes Rurales* 1989 ; 109 : 125-58.
13. Landais E, Balent G. Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensif. In : Landais E, Balent G, eds. *Pratiques d'élevage extensif*. *Etud Rech Syst Agraires Dev* 1993 ; 27 : 137-60.
14. Cresswell R. Recherche empirique et empirisme. In : *L'homme d'hier et d'aujourd'hui ; recueil d'études en hommage à Leroi-Gourhan*. Paris : Cujas, 1973 : 753-61.
15. Latour B, Lemonnier P. *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'intelligence sociale des techniques*. Paris : La Découverte, 1994 ; 340 p.
16. Osty PL, Landais E. Fonctionning of pastoral farming systems In : Brossier J, Bonneval L, Landais E, eds. *Systems studies in agriculture and rural development*. Paris : INRA Science Update, 1993 : 203-6.
17. Bonnemaire J. *Notes de lecture d'un zootechnicien à propos de la démarche agronomique*. Non publié. ENSSAA, 1987 ; 90 p.
18. Auricoste C, Deffontaines JP, Fiorelli JL, et al. *Friches, parcours et activité d'élevage. Potentialités agricoles*. INRA Versailles, 1983 ; 55 p.
19. Chia E. *Les pratiques de trésorerie des agriculteurs. La gestion en quête d'une théorie*. Thèse de Doctorat. Faculté de Sciences économiques et de Gestion. Dijon, 1987. 250 p. + annexes.
20. Brossier J, Chia E, Marshall E. Quelle gestion de trésorerie pour les agriculteurs ? Gérer et comprendre. *Annales des Mines* 1988 ; 12 : 41-55.
21. Petit M. Théorie de la décision et comportement adaptatif. *Actes de la journée d'étude du 21 janvier 1981*. Dijon : INRAP, 1981.
22. Brossier J, Chia E, Marshall E, Petit M. *Gestion de l'exploitation agricole familiale. Éléments théoriques et méthodologiques*. Dijon : Educagri, 1997 ; 221 p.
23. Sebillotte M, Soler LG. Le concept de modèle général et la compréhension du comportement de l'agriculteur, 1988. *CR Acad Agric* 1988 ; 74 : 59-70.
24. Frank R. *Passions within reason. The strategic role of the emotions*. New York : Norton, 1988 ; 200 p.
25. Brun A. Citoyenneté, individualisme, coopération et lien local. *Économie Rurale* 1995 ; 229 : 11-6.
26. Legay JM. *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*. Coll. Sciences en questions. Paris : INRA Éditions, 1997 ; 111 p.
27. Le Moigne JL. Systémographie de l'entreprise. *Revue Internationale de Systémique* 1987 ; 1-4 : 44-53.
28. Checkland P. *Systems thinking, systems practice*. Chichester : John Wiley & Sons, 1993 ; 330 p.
29. Dent B. Theory and practice in FSR/E : Consideration of the role of modelling, In : *Systems-oriented research in agricultural and rural development*. Proceedings of International AFSRE Symposium Montpellier 1994, CIRAD, 1996 : 100-10.
30. Godard O, Legay JM. Modélisation et simulation : une approche de la prédictivité. In : Jollivet M, éd. *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. Paris : CNRS, 1992 : 491-507.
31. Deffontaines JP, Lardon S. *Itinéraires cartographiques et développement*. Paris : INRA Éditions ; Coll. Espaces ruraux, 1994 ; 136 p.
32. Deffontaines JP, Brossier J (éds). *Agriculture et qualité de l'eau : l'exemple de Vittel. Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, 1997 ; 14 ; 78 p.
33. Brossier J, Dent B (éds). *Gestion des exploitations agricoles et des ressources rurales. Entreprendre, négocier, évaluer*. *Etud Rech Syst Agraires Dev* 1998 ; 31 : 440.

34. Newell A, Simon HA. *Human problem solving*. Englewood NJ : Prentice Hall Eds, 1972.
35. Le Moigne JL. *La modélisation des systèmes complexes*. Paris : Dunod, 1990.
36. Worster D. *Les pionniers de l'écologie* (trad. franç.). Paris : Sang de la Terre, 1992.
37. Meadows D, Meadows D, Randers J. *Beyond the limits. Confronting global collapse, envisioning a sustainable future*. Post Mills, Vermont : Chelsea Green Publishing Company, 1992.
38. Avenier MJ. La problématique de l'éco-management. *Revue Française de Gestion* 1993 ; 93 : 73-85.
39. Schütz A. *Le chercheur et le quotidien* (trad. franç.), (sélection dans les Collected papers I et II, publiés de manière posthume en 1962 et 1964). Paris : Méridiens-Klincksieck, 1944.
40. Albaladejo C, Casabianca F, eds. La recherche-action. Ambitions, pratiques, débats. *Etud Rech Syst Agraires Dev* 1997 ; 30 : 211.
41. Darré JP, Hubert B, Landais E, Lasseur J. Raisons et pratiques. Dialogue avec un éleveur ovin. *Etudes rurales* 1993 ; 131-132 : 109-91.
42. Darré JP. *La parole et la technique*. Paris : L'Harmattan, 1985.
43. Darré JP (éd). *Pairs et experts dans l'agriculture : dialogues et production de connaissance pour l'action*. (Technologies, Idéologies, Pratiques XII (1). Ramonville Saint-Agne : Erès, 1994 ; 227 p.
44. Legay JM. Une expérience est-elle possible ? In : Lebreton JD, Asselain B, eds. *Biométrie et environnement*. Paris : Masson, 1993.
45. Legay JM. *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*. Paris : INRA-Sciences en questions, 1997.
46. Vallerand F. *Réflexions sur l'utilisation des races locales en élevage africain. Exemple du mouton Djallonké dans les conditions physiques et physiologiques du Cameroun*. Thèse de Docteur-Ingénieur de l'INP de Toulouse, Ecole nationale supérieure agronomique, 1979.
47. Gibon A. *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées centrales*. Thèse Docteur-Ingénieur, INRA Paris-Grignon, 1981 ; 106 p + ann.
48. Lasseur J, Landais E. Comment valoriser l'information contenue dans les carnets d'agneage pour l'évaluation de performances et de carrières de reproduction en élevage ovin-viande ? *INRA Productions Animales* 1992 ; 5 : 43-58.
49. Santucci P. *Le troupeau et ses propriétés régulatrices, bases de l'élevage caprin extensif*. Thèse de Doctorat, USTL Montpellier, 1991 ; 85 p + bibliographie + annexes.
50. Girard N, Lasseur J. Un cadre d'analyse et de diagnostic de la conduite de la reproduction en élevage ovin viande. Cas d'élevages à deux mises-bas annuelles en montagne méditerranéenne. *Cahiers Agricultures* 1997 ; 6 : 115-24.
51. Migliori S, Deverre C, Lasseur J. Les éleveurs ovins des Pré-Alpes face aux innovations techniques. Production de viande et gestion de troupeaux. Symposium *Recherches-systèmes en agriculture et développement rural*, Montpellier, novembre 1994. CIRAD, 1994 : 623-6.
52. Aubry C. *Gestion de la sole d'une culture dans l'exploitation agricole. Cas du blé d'hiver en grande culture dans la région picarde*. Thèse Docteur-Ingénieur INA Paris-Grignon « Sciences Agronomiques ». Paris, 1995.
53. Savini I, Landais E, Thion P, Deffontaines JP. L'organisation de l'espace pastoral : des concepts et des représentations construits à dire d'expert dans une perspective de modélisation. In : Landais E, Balent G, eds. *Pratiques d'élevage extensif. Etud Rech Syst Agraires Dev* 1993 ; 27 : 137-60.
54. Meuret M. A Grazing route in Provence. In : *Proc. EC/EAAP/SCAWS Meet. Welfare of Extensively Farmed Animals*, Edinburgh, UK, 1995.
55. Hubert B, Deverre C, Meuret M. The know-how of livestock farmers challenged by new objectives for European farming, *Vth Intern. Rangeland Cong.*, Salt Lake City, USA, July 1995 : 115-6.
56. Vissac B. *La génération animale. Chronique d'une controverse scientifique*. Paris : INRA, 2001.
57. Vallerand F, Casabianca F, Sainte-Marie C (de), Bouche R. D'une qualité à une autre. Conduire le changement du système de qualification des reproducteurs de race ovine corse. In : *Qualités et Systèmes Agraires. Etud Rech Syst Agraires Dev* 1994 ; 28 : 157-75.
58. Sainte-Marie (de) C, Casabianca F. Entre logique individuelle et intégration : la fruitière comme modèle d'organisation pour des producteurs fermiers de charcuterie corse. In : *Gestion des exploitations et des ressources rurales. Entreprendre, négocier, évaluer. Etud Rech Syst Agraire Dev* 1998 ; 31 : 297-315.
59. Gafsi M. *Aider les agriculteurs à modifier leurs pratiques. Éléments pour une ingénierie du changement*. Façade Versailles : INRA, 1999 ; 3.
60. Morin E. *Introduction sur la pensée complexe*. Paris : ESF, 1990.
61. LEARN@paris group. *Cow up a tree. Knowing and Learning Processes for Change in Agriculture. Case studies from industrial countries*. Paris : INRA Science update, 2000 ; 496 p.
62. Brossier J. Recherche-système in USA. *Courrier de l'environnement de l'INRA* 1994 ; 19 : 53-63.
63. Marshall E. Les liaisons entre l'URSAD Versailles Dijon et la formation des agriculteurs et des acteurs du développement. *Sadoscope* 1986 ; 31 : 3-9.
64. Clyde Mitchell J. Case and situation analysis. *Sociol Rev* 1983 ; 31 : 187-211.
65. Passeron JC. *Le raisonnement sociologique. L'espace non poppérien du raisonnement naturel*. Paris : Nathan, 1991 ; 408 p.
66. Berry M. *Connaissance et action : de la balistique à la maïeutique*. Coll. Int. HEC Montréal, 1986.
67. Hubert B, Bonnemaire J. La construction des objets dans la recherche interdisciplinaire finalisée : de nouvelles exigences pour l'évaluation. *Nature Sci Soc* 2000 ; 3 : 5-19.
68. Matlon P. What changes are required in systems-oriented research methodology. In : *Systems-oriented research in agricultural and rural development*. Proceedings of International AFSRE Symposium Montpellier 1994. CIRAD, 1996 : 233-42.

Résumé

Au cours des quarante années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, marquées par de profondes évolutions économiques et sociales dans le monde rural, un fossé s'est creusé entre, d'une part, les besoins des différents acteurs du monde agricole et agro-alimentaire dans leur diversité et, d'autre part, les préconisations et conseils techniques proposés par la recherche agronomique et la vulgarisation.

Ce fossé n'est pas sans lien avec l'écart qui sépare de plus en plus les différentes disciplines du point de vue de l'épistémologie dominante. Des pratiques de recherche nouvelles sont apparues avec des chercheurs en quête de disciplines permettant de comprendre les besoins techniques des agents économiques et sociaux et les enjeux locaux du développement local. Ces pratiques, rejoignant ainsi des démarches équivalentes dans d'autres domaines d'application, ont contribué à l'émergence d'un nouveau paradigme épistémologique constructiviste, insistant sur les interrelations entre les disciplines et les points de vue différents. En particulier, cette quête a conduit à associer étroitement les disciplines techniques et les sciences sociales, dont la parité s'est construite en centrant les travaux communs sur les systèmes techniques.

C'est sur ces bases que s'est construit au sein de l'Inra le département interdisciplinaire de recherches sur les Systèmes agraires et le développement (Sad). C'est cet effort d'intégration des sciences biotechniques, économiques et sociales qui est présenté ici à partir des recherches sur les systèmes techniques en agriculture, dans le développement rural et dans la gestion des ressources naturelles.