

Représentation des décisions des agriculteurs face à une politique d'incitation agri-environnementale : apports d'une démarche d'ingénieries des connaissances

Jean-Paul Bousset¹, Éric Perret², Jean-Marc Pivot¹, Laurent Dobremez², Nadine Turpin³, Nicolas Gendreau⁴, Christine Poulard⁴ et Sophie Labonne²

Cet article présente les résultats d'un travail d'ingénierie des connaissances réalisé par quatre équipes du *Cemagref*, dans le cadre du projet SILEX (modélisation et Simulation de Logiques d'EXpertise appliquées à la résolution de questions agri-environnementales) (*voir* encadré).

Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre du thème mobilisateur « Concilier l'agriculture et l'environnement » développé en interne par l'établissement. Ce thème est centré sur la question du choix par l'agriculteur de pratiques favorables à l'environnement, qui soient « économiquement viables, conformes à la réglementation et éventuellement contractuellement garanties et financièrement aidées ». Il s'inscrit dans une double perspective, visant d'une part à fournir à l'agriculteur des éléments pour l'aider dans ses choix, et d'autre part à conseiller les organismes publics sur la nature et les modalités de mise en place d'actions, à la fois efficaces du point de vue de l'environnement et acceptables par les agriculteurs.

Après avoir rappelé les objectifs spécifiques du projet SILEX et les caractéristiques essentielles de la démarche utilisée, l'article présentera les résultats et les perspectives ouvertes par ce travail.

Contexte et objectifs

L'activité agricole exerce un impact sur son environnement naturel, et ses effets peuvent affecter des groupes sociaux variés, utilisateurs directs ou indirects de ces milieux. Ces groupes sociaux peuvent alors se mobiliser en vue d'obtenir une participation des agriculteurs à la satisfaction de leurs attentes, en les incitant à conserver/modifier cer-

taines pratiques (fertilisation, traitements phytosanitaires, entretien de fossés, de haies...) ou certains itinéraires techniques (plan de pâturage...), voire leur assolement. En-dehors de dispositions réglementaires, la mise en œuvre de ces actions s'inscrit généralement en France dans le cadre de politiques incitatives contractuelles – comme les opérations locales agri-environnement et les contrats territoriaux d'exploitation – élaborées et négociées au plan local (Mormont, 1996).

La réussite de ces actions dépend, entre autres, de leur degré d'adéquation aux caractéristiques et aux logiques de fonctionnement des exploitations agricoles cibles. Dans cette perspective, un enjeu important consiste à *identifier les facteurs qui conditionnent l'adoption par les agriculteurs des pratiques proposées par une politique à finalité agri-environnementale*. Appréhender ces facteurs constituait l'un des objectifs du projet SILEX.

Mais le projet SILEX avait également deux autres objectifs : *identifier des voies d'amélioration des méthodes actuellement utilisées pour appréhender ces*

1. Extraits du texte du thème mobilisateur d'établissement « Concilier l'agriculture et l'environnement », Cemagref, 15 octobre 1996.

Encadré

Le projet SILEX associe quatre unités de recherche du *Cemagref* :

- Dynamiques et Fonctions des espaces ruraux – Clermont-Ferrand (DFCF), coordinateur du projet ;
- Agricultures et Milieux montagnards – Grenoble (AMGR) ;
- Gestion des Effluents d'élevage et des déchets municipaux – Rennes (GERE) ;
- Hydrologie- Hydraulique – Lyon (HHLY).

Les contacts

1. *Cemagref*-Clermont-Ferrand
24 Av. des Landais, BP 50085, 63172 Aubiere
2. *Cemagref*-Grenoble
Domaine Universitaire, BP 76, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex
3. *Cemagref*-Rennes
17 av. de Cucillé, 35044 Rennes
4. *Cemagref*-Lyon,
3 bis quai Chauveau, 69336 Lyon

facteurs, et faciliter le transfert de ces méthodes entre les équipes impliquées dans le projet (et ultérieurement à d'autres équipes). Autrement dit, le projet SILEX avait aussi un objectif d'apprentissage et de dissémination de connaissances méthodologiques.

Matériel et méthodes

Trois types de politique d'incitation à finalité environnementale

Trois types de politiques d'incitation, associés à trois problématiques agri-environnementales différentes ont servi de support à ce travail.

1. L'édiction d'une norme de pollution maximale, dans un bassin versant où les effets de l'activité des exploitations sur la qualité des eaux de ruissellement sont considérés comme une nuisance.

De nombreux travaux de recherche ont mis en évidence l'influence de certaines pratiques agricoles sur la pollution de l'eau, en particulier dans les exploitations d'élevage bovin intensif de l'ouest de la France situées dans des bassins versants à circulation superficielle. En modifiant l'équilibre des nutriments dans le sol, ces pratiques sont à l'origine d'une quantité accrue de ces nutriments sous forme transférable dans les sols des parcelles cultivées (Turpin *et al.*, 1996).

Cette reconnaissance du rôle de l'agriculture dans la pollution diffuse des eaux s'est traduite par une augmentation récente des contraintes auxquelles sont soumises les exploitations (contraintes réglementaires depuis le début des années 90, pressions diverses d'associations de protection de l'environnement) et notamment, par l'édiction d'une norme instituant un plafond maximum de pollution des eaux de drainage.

2. La proposition de contrats spécifiant des pratiques de gestion pastorale et des primes compensatoires aux agriculteurs d'une région où l'enfrichement nuit à la qualité du paysage.

Dans les vallées du Couserans et de la Haute Ariège fortement marquées par la déprise agricole, les transformations de l'espace sont particulièrement sensibles sur les versants dans les zones dites « intermédiaires ». Ces zones sont constituées essentiellement d'anciens prés de fauche et de parcours de demi-saison (utilisés de façon pastorale au printemps et à l'automne). Situées entre les zones des fonds de vallées et les pâturages d'estives qui ont fait l'objet de nombreuses améliora-

tions pastorales, elles ont tendance à s'enfricher rapidement, par suite d'une sous-exploitation. En effet, ces zones, utilisées avec un statut foncier précaire, sont souvent considérées comme de simples espaces « tampons » par les éleveurs qui ont tendance à pratiquer l'estive de plus en plus tôt. Le développement des fougères et des ligneux (ronces, genêts) conduit à la fermeture de l'espace et à une dégradation sensible du paysage (Véron *et al.*, 1999).

Afin de maintenir la qualité paysagère de ces zones, les instances départementales ont proposé aux agriculteurs trois cahiers des charges-types précisant les pratiques à mettre en œuvre et le montant de l'aide annuelle, versée sur cinq ans, destinée à compenser le coût de ces pratiques : le cahier des charges 1 stipule un entretien du milieu par le pâturage en contrepartie d'une prime de 200 Francs par hectare ; le cahier des charges 2a prévoit une ouverture du milieu par le débroussaillage, puis un entretien par le pâturage, contre une prime de 500 F/ha ; le cahier des charges 2b un entretien par la fauche après un débroussaillage, contre 800 F/ha. Chaque contrat est accompagné d'un diagnostic pastoral qui définit un plan de gestion des parcelles sous contrat. Dans son contrat, l'agriculteur pouvait combiner plusieurs cahiers des charges-types et s'engager sur tout ou partie des parcelles éligibles. Mais, afin d'obtenir un impact paysager significatif, le contrat devait porter sur des surfaces représentant au minimum 10 hectares d'un seul tenant.

3. La proposition de contrats spécifiant un aléa hydrologique et des primes compensatoires, à des agriculteurs situés en amont d'une zone urbaine sensible aux risques d'inondation.

Les inondations constituent un phénomène naturel dont les dommages sont généralement beaucoup plus grands en zone urbanisée qu'en zone agricole. L'homme n'ayant que peu de prise sur les événements naturels, pluies et écoulements qui sont à l'origine de ce phénomène, l'une des actions susceptibles d'en réduire les dommages en zone urbaine consiste à réaliser des aménagements permettant de déplacer les inondations vers les sites les moins sensibles, notamment agricoles (Oberlin, 1995 ; Gendreau, 1998 ; Gilard, 1998).

Cette stratégie conduit certaines collectivités à proposer aux agriculteurs exploitant des parcelles situées en bordure d'un cours d'eau et en amont d'une zone urbaine, un contrat spécifiant l'acceptation d'un certain aléa hydrologique défini par

sa fréquence d'occurrence et son ampleur (parcelle par parcelle), et les compensations des coûts et manques à gagner générés par l'anticipation et la réparation des conséquences de cet aléa.

Une approche de gestion combinée à une démarche d'ingénierie des connaissances

Depuis les travaux de R. Coase, jusqu'à ceux qui s'inscrivent dans la voie ouverte par O. Williamson, de nombreux économistes se sont interrogés sur les conditions de réussite d'une politique d'incitation. Parmi les voies de recherche explorées, la théorie de l'agence (Ross, 1973 ; Guesnerie et Lafont, 1984 ; Charreaux, 1987), la théorie des coûts de transaction (Williamson, 1979), l'économie des contrats (Brousseau, 1993), l'économie des conventions (Dupuy, 1989 ; Orléan, 1991 ; Bolstanski et Thévenot, 1991) se consacrent à l'analyse des mécanismes de coordination qui président à l'émergence de contrats, et à l'analyse des facteurs qui conditionnent l'efficacité de ces contrats, pour ceux qui les acceptent et pour ceux qui les proposent.

Contrairement à ces travaux, le projet SILEX ne visait pas à appréhender l'efficacité des normes et contrats étudiés, ni les mécanismes de coordination entre acteurs qui ont présidé à l'émergence des normes et contrats, mais seulement à *identifier les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs aux trois politiques d'incitation étudiées*. Et, dans les trois cas, ces facteurs ont été appréhendés, non pas en procédant à l'analyse d'un modèle théorique de relations contractuelles, mais *en simulant un processus de prise de décision dans les exploitations agricoles des zones-cibles de ces politiques, puis en analysant les relations existant entre les décisions ainsi élaborées, les raisons de ces décisions, et le contexte de ces décisions* (caractéristiques structurelles, techniques et socio-économiques des exploitations, contexte économique et réglementaire).

Les concepts, relations entre concepts, ainsi que l'ordre d'enchaînement des transformations d'informations qui participent aux processus de prise de décision simulés, ont été spécifiés en procédant à l'ingénierie des connaissances² mises en œuvre par les quatre équipes d'experts impliquées dans le projet, dans les trois contextes étudiés.

Classiquement, l'ingénierie des connaissances a pour but de *conceptualiser les connaissances et les processus cognitifs mis en œuvre par des experts* pour résoudre un problème, afin de faciliter le codage

informatique de leur savoir et savoir-faire, et ainsi, *in fine*, de permettre à un utilisateur non expert du domaine, de construire une solution à ce problème *via* la mise en œuvre d'un logiciel (fonction de transfert ; Brunet, 1987 ; Krivine, 1991).

Mais de nombreux auteurs ont montré qu'une démarche d'ingénierie des connaissances peut, non seulement avoir un objectif de transfert de méthode, mais aussi un objectif d'apprentissage. En effet, d'une part, la conceptualisation des connaissances et des processus cognitifs mis en œuvre pour résoudre un problème conduit les experts à *clarifier, discuter, et éventuellement réviser les concepts, les relations entre concepts, les transformations d'informations qu'ils proposent, ainsi que les théories sur lesquelles ils s'appuient* (de Terssac, 1992 ; Hatchuel et Weil, 1992 ; Hatchuel et Moison, 1993). Et d'autre part, la traduction des concepts et méthodes dans un langage informatique approprié, permet aux experts de *simuler la mise en œuvre de ces connaissances dans des contextes variés, de confronter les résultats de ces simulations à la réalité observée, et de déduire de cette confrontation une confirmation/infirmation du bien-fondé des connaissances mises en œuvre, voire des indications sur les changements qui permettraient d'améliorer l'efficacité de ce raisonnement* (Le Moigne, 1990).

Dans ce but, l'ingénierie des connaissances a fait l'objet de nombreuses recherches méthodologiques³. Les raisons du choix de la méthode KADS pour notre projet résident dans les principes de base sur lesquels s'appuie cette méthode, et dans les outils qu'elle offre pour mettre en œuvre ces principes.

Pour les auteurs de KADS (Wielinga, 1992 ; Breuker, 1994), modéliser une logique d'expertise ne consiste pas seulement à identifier et coder les concepts, relations entre concepts, et procédures de transformation d'informations mis en œuvre par un expert, mais aussi à préciser les théories et paradigmes sur lesquelles s'appuient les experts. Et la difficulté pour les experts de reconnaître, discuter et valider leur savoir et savoir-faire au travers des représentations issues des formalismes du génie logiciel (règles de production, objets...) a conduit ces auteurs à préconiser une modélisation conceptuelle complète des connaissances et processus cognitifs mis en œuvre par les experts, avant (et indépendamment de) leur implémentation informatique.

Autrement dit, la méthode KADS préconise la construction d'un modèle conceptuel d'expertise comme outil de communication entre experts,

2. Par connaissances nous entendons « informations associées à un raisonnement ».

3. Méthodes KOD (Vogel, 1988), MACAO (Aussenac, 1989), METODAC (Compagnon, 1991), KADS (Knowledge Acquisition and Design System ; Breuker, 1987 ; Hickmann, 1989 ; Wielinga, 1992), IDEAL (Gomez et al., 1997)...

4. L'ensemble des buts de toutes les tâches définit l'espace du problème que les experts se proposent de résoudre.
5. L'ensemble des actions de toutes les tâches définit l'espace des solutions proposées par les experts.
- L'ordre d'enchaînement de l'ensemble des transformations d'informations mises en œuvre par les experts pour construire une solution au problème étudié définit la structure d'inférence globale de l'expertise.

cogniticiens et informaticiens, afin de faciliter l'évaluation par les experts des savoirs et savoir-faire qui seront codés par la suite. Et KADS offre une aide à la construction de ce modèle.

En outre, KADS fournit des modèles de résolution de problème spécifiques à chaque type de problème, mais indépendants de leur domaine d'application, qui peuvent faciliter l'identification et la formalisation des connaissances, en guidant l'analyse des rapports d'expertise et en fournissant des indications sur les types de connaissances nécessaires à la réalisation de certaines tâches cognitives.

Les connaissances et processus cognitifs mis en œuvre par les experts pour appréhender les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs aux trois politiques d'incitation étudiées dans le projet SILEX, ont été modélisés en procédant en quatre étapes (figure 1) :

- (i) une phase d'acquisition-formalisation des connaissances et procédures mises en œuvre par les experts, qualifiée dans KADS de phase d'*analyse conceptuelle* des connaissances ;
- (ii) une phase d'*analyse fonctionnelle* du savoir et du savoir-faire que recouvrent ces connaissances ;
- (iii) une phase de *codage informatique* de ces connaissances ;

- (iv) une phase de *validation/révision* de la représentation du savoir et savoir-faire des experts ainsi réalisée.

Toutefois, nous ne présenterons dans cet article que les étapes (i) et (iv) de la démarche, c'est-à-dire les méthodes de construction et de validation des modèles d'expertise.

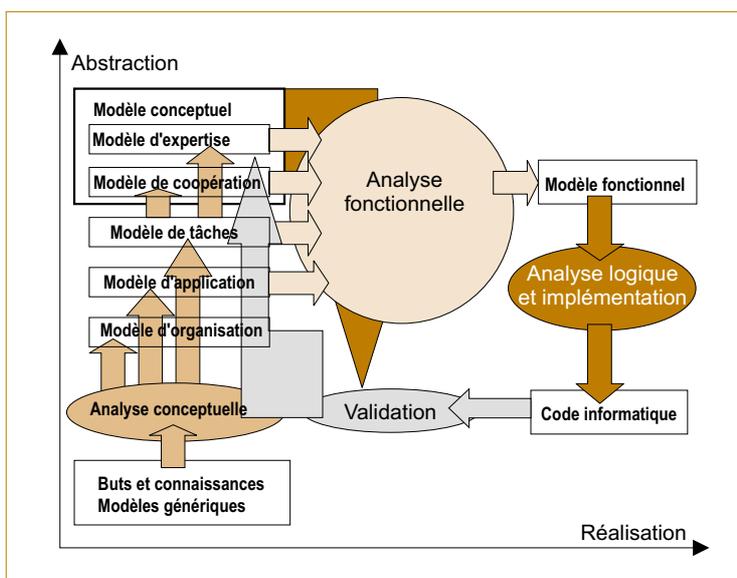
L'analyse conceptuelle des logiques d'expertise
La phase de modélisation conceptuelle des connaissances et processus cognitifs mis en œuvre par les experts a été réalisée en procédant à deux analyses : une « analyse ascendante » des rapports d'expertise produits par chaque équipe, puis une « analyse descendante » de chaque tâche d'expertise identifiée par l'analyse ascendante.

L'analyse ascendante des rapports d'expertise visait à spécifier :

- le *modèle d'organisation* de chaque projet (objectifs de la démarche d'ingénierie des connaissances, rôle de chaque expert dans cette démarche, utilisateurs du modèle...)
- le *modèle d'application* correspondant (buts de l'expertise, rôle du modèle dans l'expertise, contraintes techniques du codage informatique du modèle...)
- le *modèle des tâches* mises en œuvre par les experts (liste des tâches cognitives qui participent à la réalisation de chaque but, interdépendances entre tâches...)
- le *modèle de coopération* entre le modèle et ses utilisateurs (liste des tâches de transfert, but des transferts, type de transfert effectué) et ;
- l'*ontologie de chaque domaine d'expertise* (concepts et relations entre concepts utilisés par les experts).

L'analyse descendante visait à spécifier le *modèle d'expertise*, c'est-à-dire à décrire les transformations d'informations effectuées par les experts pour réaliser chaque tâche, en se référant aux concepts et relations entre concepts qu'ils utilisent (*cf.* ontologie) et aux modèles d'interprétation de tâches et d'inférences élémentaires proposés par KADS (Wielinga, 1992 ; Breuker, 1994). Elle a été réalisée en procédant, pour chaque tâche, en quatre étapes :

Étape 1 : description des connaissances mises en œuvre par chaque tâche : buts⁴, actions mises en œuvre pour réaliser ces buts⁵, concepts et relations qui déterminent les actions entreprises, théories sous-jacentes.



▲ Figure 1 – Les principales étapes de la méthode KADS.

Étape 2 : organisation des connaissances en fonction du rôle qu'elles jouent dans la réalisation de la tâche. Cette organisation décrit la combinaison d'actions élémentaires mise en œuvre (stratégie de résolution de problème), les opérations/transformations réalisées par chaque action élémentaire (inférence), et les concepts et relations mis en œuvre par chaque action (ontologie du domaine).

Étape 3 : spécification de la combinaison d'actions élémentaires mises en œuvre par les experts pour réaliser chaque tâche et des transformations réalisées par chaque action, en procédant à la sélection, dans la bibliothèque de KADS, d'un modèle d'interprétation de tâche approprié à la tâche analysée, puis à l'instanciation du modèle sélectionné.

Le modèle d'interprétation de tâche approprié a été sélectionné en procédant à une analyse sémantique des termes utilisés par les experts pour désigner les buts de la tâche, les actions entreprises et les résultats obtenus (*cf.* modèle des tâches et ontologie du domaine), *via* l'arbre de décision proposé par Wielinga (Wielinga, 1992).

L'instanciation du modèle de tâche sélectionné a été réalisée en recherchant, parmi les concepts et relations utilisés par les experts (*cf.* ontologie du domaine d'expertise), les connaissances nécessaires à la réalisation de chaque action élémentaire du modèle. Les transformations réalisées par chaque action ont été décrites en termes de « rôles » et de « source de connaissances », en se référant aux modèles d'inférences élémentaires de KADS. Les « rôles » désignent des groupes de concepts ou de relations entre concepts qui jouent le rôle d'opérandes d'entrée et de sortie dans une inférence. Les « sources de connaissances » désignent des méthodes d'inférence élémentaires. Ce sont des opérateurs qui décrivent comment les concepts et les relations entre concepts sont utilisés, au travers de termes désignant des actions simples : lire, écrire, assembler, trier, sélectionner, spécialiser, comparer... La structure d'inférence de chaque tâche a été représentée au travers d'un graphe d'inférence. Un graphe d'inférence global résume la structure d'inférence de chaque logique d'expertise.

Étape 4 : proposition de pistes d'amélioration de certaines structures d'inférence (ainsi que les logiques de questionnement permettant de spécifier les nouvelles sources de connaissances et rôles).

La validation des modèles d'expertise

La consistance (absence de solutions logiquement contradictoires) et la cohérence (absence de conclusions sémantiquement contradictoires) des *corpus* de connaissances ont été vérifiées en procédant à l'analyse des « flots de données » (Haouche, 1996) et à l'analyse des « matrices de dépendance des règles ».

La complétude formelle des *corpus* de connaissances a été vérifiée en comparant la structure des graphes d'inférence de chaque tâche aux graphes d'inférences des modèles de tâche proposés par KADS (Martin, 1994). Mais cette vérification ne garantit pas la complétude sémantique des modèles (Hofstadter, 1979).

Les résultats

Le projet SILEX a produit trois types de résultats :

- (i) des méthodes pour appréhender les réactions des agriculteurs face à une politique à finalité agri-environnementale ;
- (ii) des indications sur les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs aux politiques étudiées ;
- (iii) des indications sur les voies d'amélioration des logiques d'expertise actuelles sur ces problématiques.

Cet article ne rapporte qu'un résumé de ces résultats. Les résultats complets figurent dans le rapport final du projet (Pivot *et al.*, 2000).

Trois méthodes pour appréhender les décisions des agriculteurs, face à une politique agri-environnementale⁶

Les trois méthodes proposées par les experts (dans les problématiques étudiées) postulent que les actions et pratiques que les agriculteurs sont susceptibles d'adopter pour contribuer à la réalisation d'un objectif environnemental proposé par la société, dépendent de leurs propres objectifs et motivations, des moyens dont ils disposent, de leurs pratiques actuelles, et de leur environnement naturel, économique, social, et réglementaire.

Et les trois méthodes prêtent aux agriculteurs :

- une connaissance (parfaite) de l'utilité et des contraintes de mise en œuvre d'un nombre fini d'actions et de pratiques, dont celles spécifiées par le contrat proposé ;

6. Par extension, nous qualifions l'instauration d'une norme pour limiter la pollution de l'eau de politique (à finalité) agri-environnementale.

7. i.e. la structure d'inférence des tâches cognitives mises en œuvre.

8. Les objectifs/motivations prêtés aux agriculteurs ont été appréhendés à partir d'enquêtes réalisées dans le cadre du projet de recherches européen FAIR3 CT96-2092 IMAGES (Improving agricultural environmental policies : a simulation approach to the role of the cognitive properties of institutions and farmers) ; projet coordonné par le Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes du Cemagref (LISC).

9. En revanche, l'équipe AMGR ne prête pas aux agriculteurs la capacité de vérifier que les primes compensatoires associées aux pratiques proposées par les contrats couvrent les surcoûts et les manques à gagner engendrés par celles-ci.

- une capacité de prédiction quant aux conséquences de certaines évolutions du contexte économique et réglementaire sur l'état de leur exploitation ainsi que sur l'utilité et le coût des actions et pratiques connues ;

- une capacité de diagnostic sur l'état actuel et futur de leur exploitation et de l'environnement, en les dotant d'objectifs et de motivations ;

- une capacité de résolution de problèmes, c'est-à-dire une capacité à identifier les actions et les changements de pratiques qui leur permettraient d'améliorer l'état de leur exploitation ou de l'environnement.

Mais les objectifs, motivations et connaissances prêtés aux agriculteurs, ainsi que les transformations d'informations utilisées pour appréhender leur contribution à la réalisation de l'objectif environnemental proposé, et/ou l'ordre d'enchaînement de ces transformations⁷, diffèrent selon le type de politique.

1. Face à l'édition d'une norme de pollution maximale, l'équipe GERE considère que les agriculteurs cherchent à appréhender les changements d'activités de production et/ou de pratiques qui leur permettraient de contribuer à la réalisation de l'objectif proposé par la collectivité, sans (trop) remettre en cause la réalisation de leurs propres objectifs. Dans ce but, cette équipe postule que tous les agriculteurs de la zone-cible de la norme :

- ont un seul et même objectif : maximiser la marge brute globale de leur exploitation ;

- cherchent la combinaison d'activités et de pratiques qui maximise la valeur de ce critère, en se référant à la marge brute unitaire de chaque activité, aux ressources consommées par chaque activité (ou pratique), et aux ressources dont ils disposent (Boussard, 1970, 1988 ; Bousset, 1994) ;

- évaluent la pollution générée par la combinaison d'activités et de pratiques ainsi identifiées ;

- et si celle-ci dépasse la norme édictée, cherchent une combinaison moins polluante en introduisant d'autres activités, itinéraires techniques ou pratiques, dans leur logique d'optimisation.

2. En Ariège, face à un contrat spécifiant les pratiques à mettre en œuvre et les primes compensatoires des surcoûts et manques à gagner engendrés par ces pratiques, les agriculteurs n'ont pas à concevoir les pratiques qui leur permettraient de contribuer à la réalisations de l'objectif proposé

par la collectivité car elles sont définies dans le contrat. Dans ce cas, la décision ne porte que sur l'adoption/rejet du contrat, et, si le contrat est adopté, sur la surface concernée et la combinaison éventuelle des cahiers des charges-types. Mais contrairement à l'équipe GERE, l'équipe AMGR considère que les agriculteurs :

- n'ont pas un seul et même objectif (maximiser leur marge brute d'exploitation), mais plusieurs objectifs et motivations qui varient selon les exploitations (niveau et/ou sécurité du revenu, quantité de travail à effectuer, état de l'environnement⁸...) ;

- n'ont pas un critère à optimiser, mais des problèmes à résoudre, dont le nombre et l'ampleur varient en fonction de leurs objectifs, et de l'état de satisfaction actuel et futur de ceux-ci ;

- et cherchent, non pas à optimiser leurs choix, mais à justifier leurs choix (Shafir, 1993).

Ceci a conduit cette équipe à identifier les décisions des agriculteurs en prêtant aux agriculteurs :

- une fonction de diagnostic, qui consiste à identifier les objectifs qui n'ont pas été réalisés (les problèmes à résoudre), en se référant à l'état de leur système de valeurs (Hémidy, 1993 ; Ohlmer, 1994 ; Bousset, 1994) ;

- une fonction de résolution de problèmes, qui consiste à classer les actions et pratiques (y compris celles proposées par le contrat) en fonction de leur utilité pour résoudre chaque problème, de leur coût et contraintes de mise en œuvre, et des moyens disponibles (Attonaty et Solers, 1990 ; Bousset, 1994)⁹.

3. Enfin, face à un contrat spécifiant un événement hydrologique et les compensations des conséquences de cet événement, l'équipe DFCF-HHLY considère que les agriculteurs doivent, non seulement appréhender les conséquences de certaines évolutions du contexte économique sur l'état de leur exploitation et sur l'utilité des actions et pratiques qu'ils connaissent (tâche de prédiction), identifier les conséquences de l'événement spécifié dans le contrat sur l'état de leur exploitation (tâche de diagnostic) et concevoir les actions (changement d'itinéraires techniques et de pratiques) qui leur permettraient d'anticiper/réparer les conséquences de cet événement (tâche de résolution de problème), mais aussi évaluer la capacité des compensations prévues au contrat à contre-balancer les surcoûts et manques à gagner

générés par ces actions et changements (tâche d'évaluation-révision).

Mais en raison de la complexité du problème décisionnel auquel sont confrontés les agriculteurs (et les experts), les équipes DFCF et HHLY ne spécifient pas et ne simulent pas les transformations d'informations réalisées par les fonctions de prédiction, de diagnostic, de résolution de problèmes et d'évaluation mises en œuvre par les agriculteurs. Elles ne spécifient que la valeur des opérandes d'entrée de ces fonctions :

- ✗ les caractéristiques structurelles, techniques et économiques des exploitations ;
- ✗ les objectifs et motivations des agriculteurs ;
- ✗ les caractéristiques du contexte économique et réglementaire dans lequel fonctionne l'exploitation ;
- ✗ les caractéristiques de l'aléa et les compensations proposées par le contrat, parcelle par parcelle.

Dans ce cas, la valeur des opérandes de sortie de ces fonctions (les conséquences de certaines évolutions du contexte économique sur l'état des exploitations et sur l'utilité des actions et pratiques, les conséquences de l'événement spécifié dans le contrat sur l'état des exploitations, les actions et changements de pratiques qui permettraient d'anticiper/réparer les conséquences de cet événement, la capacité des compensations prévues au contrat à compenser les surcoûts et manques à gagner générés par ces actions), est déduite des observations faites en ces domaines dans des exploitations semblables confrontées à un événement similaire. Cette inférence est réalisée en procédant en deux étapes (Sycara, 1988 ; Riesbeck et Schank, 1989 ; Kolodner, 1993 ; Bousset 1997).

D'abord on recherche les cas d'inondation connus les plus semblables au cas étudié, au moyen de règles de comparaison qui se réfèrent aux caractéristiques structurelles, techniques et économiques des exploitations, aux objectifs et motivations des agriculteurs, aux caractéristiques du contexte économique et réglementaire dans lequel fonctionne l'exploitation étudiée, et aux caractéristiques de l'aléa proposé par le contrat.

Puis on construit les problèmes, les solutions de ces problèmes, les surcoûts et manques à gagner générés par ces solutions, et la décision de l'exploitation étudiée au regard du contrat proposé, *via* des règles d'adaptation qui se réfèrent à ce qui a été observé dans les situations les plus sembla-

bles, et aux différences existant entre ces situations et l'exploitation étudiée.

Des indications sur les facteurs d'adhésion des agriculteurs aux politiques d'incitation étudiées

Nous ne rapportons ici que les résultats de l'analyse des relations entre les décisions des agriculteurs (appréhendées par le modèle de l'équipe AMGR) à l'égard du contrat proposé en Ariège pour lutter contre la fermeture du paysage, leurs objectifs et motivations et les caractéristiques des exploitations¹⁰.

Cette analyse fait notamment apparaître les deux points suivants :

- La décision des agriculteurs se révèle statistiquement indépendante de leurs préoccupations environnementales (motivation pour préserver/améliorer la nature, le patrimoine collectif, les paysages locaux). Elle dépend principalement de leur motivation pour l'obtention d'un revenu plus sûr ($r = 0,88$) ou plus élevé ($r = 0,66$), et plus secondairement, de leur motivation pour une meilleure reconnaissance sociale ($r = 0,51$) et pour la préservation de la technicité de leur métier ($r = 0,45$).
- La décision des agriculteurs est statistiquement indépendante de leur âge, comme de la force de travail dont ils disposent et des résultats économiques globaux de l'exploitation (marge brute globale d'exploitation et marge brute globale par travailleur). En revanche, elle varie fortement avec l'endettement des exploitations ($r = 0,48$), l'importance des activités de diversification ($r = 0,49$), et le degré de maîtrise du foncier ($r = 0,53$ entre décision et % de SAU en location informelle).

Des pistes d'amélioration des logiques d'expertise actuelles des équipes

Les décisions construites par les équipes sont procéduralement rationnelles : les informations utilisées et les procédures de traitement qui leur sont appliquées sont étroitement liées aux finalités des expertises ; les différentes alternatives d'actions et changements de pratiques perçues comme possibles ont fait l'objet d'une représentation claire ; les critères de satisfaction auxquelles doivent répondre les décisions ont été clairement définis ; et les décisions retenues répondent aux critères de satisfaction spécifiés.

Mais les processus de prise de décision simulés ne garantissent pas que toutes les décisions possibles

¹⁰ Ces relations ont été appréhendées en procédant à deux analyses discriminantes : l'une entre les décisions et les objectifs/motivations des agriculteurs, l'autre entre les décisions et certaines caractéristiques structurelles, techniques et socio-économiques des exploitations. Toutefois, ces analyses n'ont été réalisées que sur un petit échantillon-test de 27 exploitations. Sur cet échantillon d'exploitations, la comparaison des décisions élaborées par le modèle de prise de décision proposé par l'équipe AMGR aux décisions réellement prises par les agriculteurs à l'égard du contrat étudié, montre que ce modèle identifie très bien les cas où l'adoption du contrat n'a pas été perçue par les agriculteurs comme une action susceptible de contribuer à la résolution des problèmes (100 % des refus), et assez bien les cas où l'adoption du contrat a été perçue comme une solution susceptible de participer à la résolution des problèmes des agriculteurs (75 % des cas d'adoption). Par conséquent, on peut en déduire que ces résultats peuvent être remis partiellement en cause par les analyses qui seront effectuées ultérieurement.

11. Les tableaux et figures 2 à 4 résument l'essentiel de la structure d'inférence de la logique d'expertise de l'équipe AMGR, et indiquent la place des pistes d'amélioration envisagées au terme de ce travail. Le tableau 5 rapporte un extrait des relations entre concepts mis en œuvre par deux des actions élémentaires de cette logique d'expertise.

aient été étudiées, et que toutes les conséquences des décisions étudiées sur les exploitations et l'environnement aient été appréhendées. Par conséquent, les décisions prêtées aux agriculteurs ne constituent pas nécessairement des solutions optimales. Et il est difficile d'en mesurer toute l'efficacité, tant pour les agriculteurs que pour la collectivité.

En outre, deux éléments structurels affaiblissent la pertinence des résultats des logiques d'expertise actuelles des équipes. Le premier élément réside dans l'échelle de temps utilisée pour appréhender les décisions des agriculteurs face aux normes ou contrats proposés : le travail s'est limité à la recherche des facteurs d'adhésion des agriculteurs à une politique dans le (seul) contexte économique et réglementaire correspondant au moment de l'expertise. De ce fait, il ne permet pas d'évaluer la robustesse de la décision des agriculteurs à l'égard des actions proposées (Shoemaker, 1989 a et b).

Le second facteur réside dans l'échelle spatiale utilisée pour appréhender les décisions des agriculteurs face aux normes ou contrats proposés : l'exploitation. En effet, si l'exploitation agricole est une échelle d'analyse pertinente et nécessaire pour situer/relativiser l'objectif et les solutions proposés par la mesure politique (et il ne s'agit pas ici de la remettre en cause), en revanche elle ne suffit pas (car c'est une échelle trop globale) pour raisonner correctement des choix d'actions ou de pratiques qui ne se posent qu'au niveau de certaines parcelles (Landais, 1993 ; Longhini, 1997, 1998). Et elle ne suffit pas non plus (car c'est une échelle trop fragmentaire) pour raisonner des choix d'actions et de pratiques dont l'efficacité, sinon la mise en œuvre, dépend (au moins pour partie) des choix effectués par les autres agriculteurs de la zone-cible (Cristofini, 1985).

La recherche de solutions à ces difficultés et interrogations a permis d'identifier quelques voies d'amélioration, ainsi que des logiques de questionnement qui sont susceptibles d'aider à préciser les nouvelles sources de connaissances et les rôles correspondant à ces voies d'amélioration.

Des raisonnements plus prospectifs

La qualité des résultats produits par les trois expertises pourrait tout d'abord être renforcée en simulant le processus de prise de décision prêtée aux agriculteurs dans des contextes décisionnels internes (caractéristiques de l'exploitation) et externes (contexte économique) différents de ceux qui prévalaient lors de l'expertise. Ceci permet-

trait non seulement d'appréhender la robustesse des décisions des agriculteurs au regard des mesures proposées, mais aussi d'identifier l'influence de certains facteurs internes et externes (agrandissement de l'exploitation, développement de certaines activités, forte évolution des prix de certains produits, évolution de certaines primes...) sur la réussite des politiques étudiées (Schwartz, 1993 ; Bousset, 1996).

Ainsi, dans le modèle de l'équipe AMGR, cette évolution pourrait être réalisée en procédant comme suit¹¹ :

(i) en ajoutant une tâche de transfert et une action de sélection au début des tâches de diagnostic et de planification, afin de spécifier les contextes décisionnels dont on souhaite évaluer l'impact sur les décisions des agriculteurs à l'égard des contrats étudiés (cf. tableaux et figures 2 et 3) ;

(ii) en indiquant, dans les modèles de prédiction, de diagnostic et de résolution de problèmes, les relations qui existent entre les attributs qui participent à la spécification des contextes décisionnels simulés et les attributs qui participent à la spécification de l'état de l'exploitation, des problèmes et des solutions.

Des raisonnements à l'échelle de tissu d'exploitations

Les résultats produits par les trois expertises pourraient également être améliorés en prenant en compte, dans le processus de décision prêtée aux agriculteurs, les choix effectués par les autres exploitations de la zone (Beuret, 1999) et les influences mutuelles. Cette évolution est en cours dans certains travaux réalisés par les équipes GERE (projet AgriBMPWater), DFCF et AMGR (projet IMAGES). Dans le modèle de l'équipe AMGR, cette évolution pourrait être réalisée en procédant aux modifications suivantes :

(i) en spécifiant, dans un modèle générateur d'acointances, la procédure de repérage des agriculteurs I'[1..n] auxquels se réfère un agriculteur I donné pour analyser et résoudre ses problèmes (ceux dont il se sent le plus proche ou ceux qui partagent avec lui certaines ressources...), et en ajoutant une action de spécialisation de ce modèle aux tâches de diagnostic et de planification (tableaux et figures 3 et 4) afin de définir les *n* acointances [I.. I'n] de l'agriculteur I ;

(ii) en modifiant les attributs du concept « facteurs externes (CE) », afin de pouvoir décrire

Espace du problème (liste des buts et sous-buts des tâches)

[tâche de SPÉCIFICATION des entrées (utilisateur -> modèle)]

B01 : spécifier les # contextes décisionnels externes à simuler (CES)

B02 : spécifier la surface totale éligible au contrat C (E)

Pour chaque contexte décisionnel externe à simuler

Pour chaque exploitation I de la zone-cible de la MAE :

B1 : spécifier le contexte externe du processus de décision

B2 : spécifier le contexte interne du processus de décision

[tâche de DIAGNOSTIC]

B3 : identifier les problèmes (P) de I

[tâche de PLANIFICATION]

B4 : identifier les solutions (S) des problèmes de I

[tâche de SPÉCIFICATION des sorties (modèle -> utilisateur)]

B5 : spécifier P et S

Fin pour I

[tâche d'ÉVALUATION]

B6 : identifier la surface totale contractualisée (C') sur la zone

[tâche de SPÉCIFICATION des sorties (modèle -> utilisateur)]

B7 : spécifier la part de la surface éligible contractualisée (C'/E)

Espace des solutions (liste actions complémentaires des tâches)

[tâche de SPÉCIFICATION des entrées]

AT01 : lire les données décrivant les contextes externes CES

AT02 : lire les données décrivant la surface éligible E

Pour chaque futur contexte économique (CES) :

Pour chaque exploitation I de la zone-cible de la MAE :

AT1 : lire les données décrivant le contexte externe CE

AT2 : lire les données décrivant le contexte interne CI

[tâche de DIAGNOSTIC]

A01T3 : sélectionner un contexte économique (->CES)

A02T3 : spécialiser le modèle d'accointances (-> l'1..l'n)

A1T3 : sélectionner un problème potentiel (-> problème P)

A2T3 : décomposer le modèle de problèmes (-> hypothèses MP)

A3T3 : spécialiser le modèle MP (-> norme)

A4T3 : sélectionner observations pertinentes (-> val. observées)

A5T3 : spécialiser le modèle de prédiction (-> valeurs prédites)

A6T3 : comparer norme et v. observées et prédites (-> différence)

A7T3 : assembler les différences (-> problèmes de I)

[tâche de PLANIFICATION]

A02T4 : spécialiser le modèle d'accointances (-> l'1..l'n)

A1T4 : sélectionner un but, i.e. un problème (P)

A2T4 : spécialiser le modèle d'actions (->actions pertinentes)

A3T4 : sélectionner une action pertinente (A)

A4T4 : décomposer base de modèles d'évaluation (-> mo.éval.A)

A5T4 : spécialiser le modèle d'évaluation de A (-> norme)

A6T4 : sélectionner observations pertinentes (-> val. observées)

A7T4 : comparer norme et val. observées (-> différences/simil.)

A8T4 : assembler différences/similitudes (-> actions solutions S)

A9T4 : spécialiser le modèle de classement des actions (-> S cla.)

[tâche de SPÉCIFICATION des sorties (modèle->utilisateur)]

AT5 : écrire les données décrivant P et S de I dans Ce et CES

Fin pour I

[tâche d'ÉVALUATION]

AT6 : sommer les surfaces contractualisées (C)

[tâche de SPÉCIFICATION des sorties (modèle->utilisateur)]

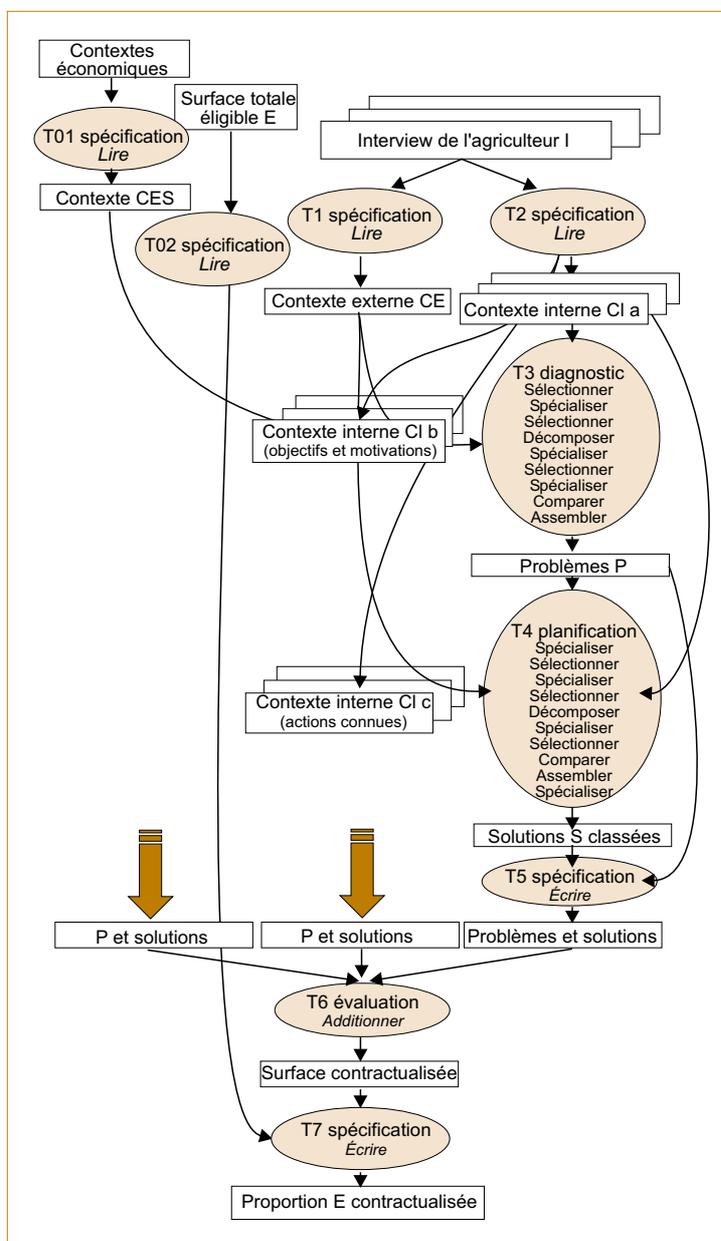
AT7 : écrire les données décrivant C et E

Théories et paradigmes de base

Fonctionnement des exploitations (Capillon et Manichon, 1991 ;

Benoît et Brossier, 1988 ; Bonneville et al., 1989)

Modélisation des systèmes agraires (Brossier, Vissac et al., 1989)

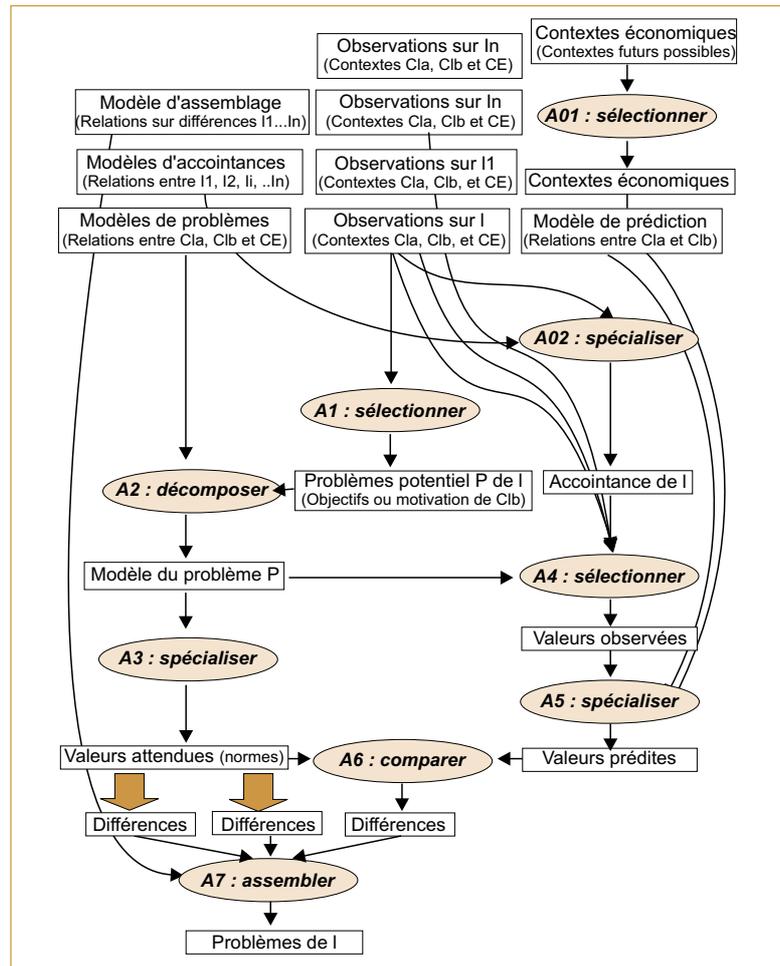


▲ Figure 2 – Graphe d'inférence global de la logique d'expertise.

◀ Tableau 1 – Modèle conceptuel de la logique d'expertise de l'équipe AMGR (les pistes d'améliorations en caractères soulignés).

► Tableau 2 – Buts et structure d'inférence de la tâche de diagnostic de la logique d'expertise de l'équipe AMGR.

DIAGNOSTIC DES PROBLÈMES	
Buts de la tâche	B3 : identifier les problèmes P de l'agriculteur I
Actions mises en œuvre	cf. Modèle d'expertise, actions A01T3, A02T3, A1T3, A2T3, A3T3, A4T3, A5T3, A6T3 et A7T3
Connaissances déterminant les actions	
Structure d'inférence	<p><i>[DIAGNOSTIC (liste de problèmes potentiels → problèmes réels)]</i></p> <p><i>Sélectionner</i> (contexte. éco. Possibles → contexte CES (A01T3))</p> <p><i>Spécialiser</i> (modèles d'accointances, I → accoint. de I (A02T3))</p> <p><i>Sélectionner</i> (problèmes potentiels → problème potentiel P)</p> <p>RÉPÉTER</p> <p><i>Sélectionner</i> (problèmes potentiels → problème potentiel P)</p> <p><i>Décomposer</i> (modèles de problèmes, P → réseau d'hypothèses MP)</p> <p>POUR chaque hypothèse H du réseau MP</p> <p>Spécialiser (hypothèse H → norme)</p> <p>POUR chaque accointance li</p> <p>Sélectionner (Hypothèse H, Cla, CE → observ. pertinentes)</p> <p>Spécialiser (modèle de prédiction, v. observées → v. prédites)</p> <p>Comparer (norme, valeurs prédites → différence)</p> <p>FIN POUR li</p> <p><i>Assembler</i> (modèle d'assemblage différences → diff./similitudes)</p> <p>SI différences ALORS FIN pour H (P pas un problème de I)</p> <p>SINON analyser hypothèse suivante de MP</p> <p>TANT QUE liste problèmes potentiels non vide</p>
Contrôle des inférences	<p>Base de futurs contextes économiques possibles</p> <p>Liste des accointances de l'agriculteur I</p> <p>Base de données de problèmes</p> <p>Réseau d'hypothèse du problème P</p> <p>Descripteurs du système (valeurs observables)</p>
Théorie sous-jacente	[Breuker 1987, Bredeweg 1992a et b]



► Figure 3 – Graphe d'inférence de la tâche de diagnostic.

PLANIFICATION DES SOLUTIONS	
Buts de la tâche	B4 : identifier les solutions (S) des problèmes (P) de I
Actions mises en œuvre	cf. Modèle d'expertise, actions A02T4, A1T4, A2T4, A3T4, A4T4, A5T4, A6T4, A7T4 et A8T4
Connaissances déterminant les actions	
Structure d'inférence	<p>[PLANIFICATION (problèmes → solutions)]</p> <p><i>Spécialiser</i> (modèles d'accointances, I → accoint. de I (A02T4))</p> <p>REPÉTER</p> <p><i>Sélectionner</i> (problèmes → objectif à réaliser P)</p> <p><i>Spécialiser</i> (modèles d'actions, P → actions pertinentes)</p> <p>REPÉTER</p> <p><i>Sélectionner</i> (actions pertinentes → action A)</p> <p><i>Décomposer</i> (modèles d'évaluation, A → réseau d'hypothèses MA)</p> <p>POUR chaque hypothèse H du réseau MA</p> <p><i>Spécialiser</i> (modèle MA, H → norme)</p> <p>POUR chaque accointance li</p> <p><i>Sélectionner</i> (Modèle MA, v. observable → v. observée)</p> <p><i>Comparer</i> (norme, valeur observée → différence)</p> <p>FIN POUR li</p> <p><i>Assembler</i> (modèle d'assemblage diff./simil. → diff./similitudes)</p> <p>SI différences ALORS FIN pour H (A pas une solution de P)</p> <p>SINON analyser hypothèse suivante de MA</p> <p>TANT QUE liste actions pertinentes non vide</p> <p>TANT QUE liste problèmes non vide</p> <p><i>Spécialiser</i> (act. [Ai...An], modèle classem. → actions classées (A9T4))</p>
Contrôle des inférences	<p>Liste des accointances de l'agriculteur I</p> <p>Liste des problèmes de I</p> <p>Liste d'actions pertinentes</p> <p>Réseau d'hypothèses</p>
Théorie de base	[Sacredoti, 1975 ; Ginsberg, 1991 ; Valente, 1993] Méthode de sur-classement (Roy)

Tableau 3 – Buts et structure d'inférence de la tâche de planification de la logique d'expertise de l'équipe AMGR.

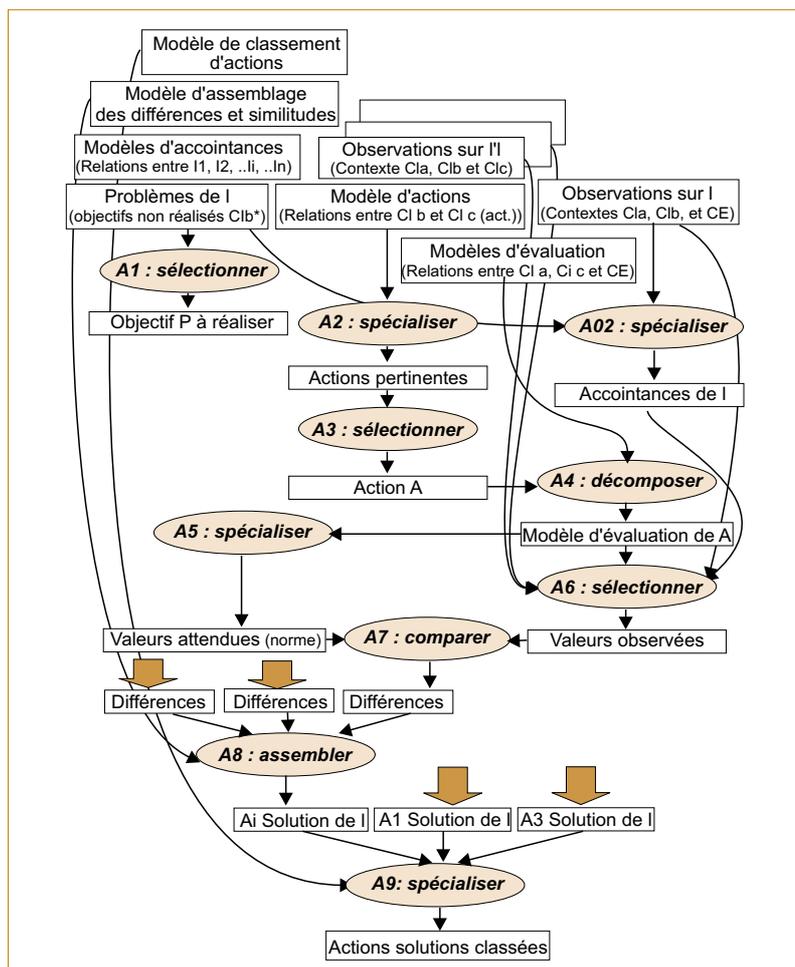


Figure 4 – Graphe d'inférence de la tâche de planification.

ACTION A2T4 : SPÉCIALISER	
Rôles	
Opérande(s) d'entrée	<i>Modèle d'actions</i> : relations entre les objectifs (CI b) et les actions connues de l'agriculteur I (CI c) <i>Objectif P à réaliser</i> : objectif non réalisé (élément de CI b)
Opérande de sortie	<i>Actions pertinentes</i> : élément de CI c
Ontologie du domaine utilisé	
... Relations entre objectifs (CI b) et actions (CI c)	... SI but non réalisé = améliorer la stabilité du revenu ALORS Créer/développer une activité para-agricole ET/OU Créer/développer une activité de diversification ET/OU Signature d'un contrat 1 SI but non réalisé = rechercher un cadre de vie agréable ALORS Achat ou location de foncier productif, ET/OU Signature des contrats 1 et 2 ET/OU Réalisation des travaux d'amélioration foncière SI motivation non satisfaite = préférence pour un système intensif ALORS Achat de fourrages ou concentrés ET/OU Achat ou location de foncier productif ET/OU Réalisation des travaux d'amélioration foncière ET/OU Intensification des surfaces mécanisables ...
ACTION A4T4 : DÉCOMPOSER	
Rôles	
Opérande(s) d'entrée	<i>Base de modèles d'évaluation d'actions</i> : Relations entre : les facteurs internes (CI c : actions connues de I), les facteurs internes (CI a : état actuel/futur de I), les facteurs externes (CE : contexte économique) <i>Action A</i> : élément de CI c
Opérande de sortie	<i>Modèle d'évaluation de l'action A</i> : Relation entre l'action A et la valeur de certains facteurs internes (CI a : état actuel/ futur de I) et externes (CE)
Ontologie du domaine utilisé	
... Relations entre concepts CI a, CE et CI c (modèle d'évaluation d'action)	... Intensification des surfaces mécanisables SI Surfaces mécanisables = OUI ET Marge d'intensification ³ ≥ BONNE ET Matériel spécifique de récolte = OUI OU Capacité d'investissement = BONNE Signature d'un contrat type 1, 2 ou 3 SI Assurer production et entretien espace = OUI ET Améliorer confort des animaux <> OUI ET Accroître les activités agricoles <> OPPOSÉ ET Investissement pour accroître production <>NON ET Utilité parcelles éligibles <> non ET Améliorer le paysage <> NON ET Conflit d'usage sur les surfaces entretenues <> OUI ET Conflit d'usage sur les surfaces mal entretenues <> OUI ET Assurer production entretien <> OPPOSÉ ... Signature d'un contrat type 3 SI Signature contrat de type 1 ET Signature contrat de type 2 ET Usage des surfaces mal entretenues = fauche ...

▲ Tableau 4 – Exemples de relations entre concepts mis en œuvre par deux des actions élémentaires de la tâche de planification de la logique d'expertise de l'équipe AMGR.

comme tels les objectifs, motivations, et pratiques des autres agriculteurs ;

(iii) en spécifiant, dans les modèles de problèmes, la procédure d'évaluation de l'impact des objectifs, motivations, et pratiques des autres agriculteurs sur les problèmes de l'agriculteur I ;

(iv) en spécifiant, dans le modèle d'évaluation des actions, la procédure d'évaluation de l'impact des pratiques des autres agriculteurs sur l'utilité et le coût de mise en œuvre de chaque action et pratique ;

(v) en spécifiant, dans un modèle d'assemblage, la procédure de gestion-agrégation des résultats des n analyses décisionnelles de l'agriculteur I, qui sera mise en œuvre dans les tâches de diagnostic et de planification pour tenir compte des objectifs, pratiques et décisions des autres agriculteurs.

Des logiques d'expertise qui combinent plusieurs théories

Chaque équipe pourrait en outre améliorer sa logique d'expertise en combinant la mise en œuvre de plusieurs types de modèles de fonction de prédiction, de diagnostic et de résolution de problèmes (modèles statistiques, modèles à bases de règles, algorithmes d'optimisation), et la mise en œuvre de raisonnements basés sur des exemples de relations entre décision, contexte décisionnel interne et externe, problèmes et solutions (Golding, 1995 ; Ashwin, 1996 ; Bousset, 1997). Cette évolution ne garantirait pas que toutes les décisions possibles soient étudiées, ni que toutes les conséquences des décisions étudiées soient appréhendées. Mais elle permettrait de mieux tenir compte de la variabilité des objectifs et des connaissances des agriculteurs de chaque zone-cible, et d'appréhender l'influence de certaines évolutions en matière de processus de prise de décision (optimisation de fonction-objectif(s), résolutions de problèmes sous contraintes, mimétismes...) sur les décisions des agriculteurs.

Ainsi par exemple, dans un premier temps, l'équipe GERE pourrait combiner programmation linéaire multiobjectif et analyse décisionnelle multicritère (Fisher, 1996) pour rechercher la place des actions qui sont susceptibles de réduire la pollution diffuse des eaux, en intégrant en particulier un objectif de minimisation du temps de travail dans la fonction objectif. Puis la démarche pourrait être enrichie en développant des modèles d'exploitations en se référant à la théorie des contrats. Ce développement est prévu par l'équipe GERE, dans le projet AgriBMPWater.

Et dans l'équipe AMGR, optimisation et simulations par scénarios pourraient être combinées pour évaluer l'efficacité d'un contrat, tant du point de vue des agriculteurs que du point de la collectivité qui le propose. Ceci pourrait être réalisé en procédant notamment aux modifications suivantes :

(i) en ajoutant une tâche de transfert en début d'expertise, afin de spécifier la surface totale éligible au contrat dans la zone-cible (*cf.* tableau et figure 2) ;

(ii) en modifiant les attributs des concepts « facteurs internes » CIa et CIb, afin de spécifier la surface maximum éligible au contrat et l'importance relative de chaque objectif dans l'exploitation I ;

(iii) en ajoutant un modèle et une action de classement à la structure d'inférence de la tâche de diagnostic, afin de classer les problèmes de l'agriculteur I par ordre décroissant d'importance ;

(iv) en spécifiant, dans le modèle d'évaluation des actions, l'utilité relative de chaque action pour réaliser chaque objectif, le coût de mise en œuvre de chaque action (ressources consommées), ainsi que les interactions et incompatibilités entre actions ;

(v) en ajoutant un modèle et une action de classement à la structure d'inférence de la tâche de planification, afin de classer les solutions en fonction de leur efficacité pour résoudre les problèmes de I ;

(vi) en ajoutant une tâche d'agrégation à la logique d'expertise, afin de sommer les surfaces contractualisées par chaque exploitation et comparer cette surface à la surface totale éligible de la zone.

Vers une sauvegarde et une révision des expertises réalisées

Enfin le stockage des exemples de décisions appréhendés par chaque équipe au travers de ses expertises, dans une base de données incluant non seulement les décisions elles-mêmes, mais aussi les contextes internes et externes de ces décisions, et les méthodes utilisées pour les appréhender (modèles conceptuels d'expertise et programmes informatiques associés), permettrait aux experts de sauvegarder ensemble méthodes et résultats (fonction de mémorisation ; Kass, 1994). Puis, par une analyse comparative des résultats, de qualifier et/ou de réviser leurs méthodes (fonction d'apprentissage ; Hammond, 1989 ; Manago, 1993). La figure 5 schématise la structure d'inférence d'une telle stratégie de sauvegarde et de révision des connaissances.

Discussion - conclusion

Le projet SILEX a tout d'abord montré que la simulation d'un processus de prise de décision dans les exploitations des zones-cibles d'une politique d'incitation, et l'analyse des relations existant entre les décisions ainsi élaborées, les raisons de ces décisions et le contexte des décisions (caractéristiques structurelles, techniques et socio-économiques des exploitations, contexte économique et réglementaire), permet d'appréhender les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs à cette politique, et ainsi d'identifier certains facteurs de réussite de cette politique.

Comparativement aux analyses économiques théoriques des contrats, cette démarche permet de mieux prendre en compte l'existence de res-

sources spécialisées et la spécificité des problèmes que les agriculteurs cherchent à résoudre en adoptant un contrat. Et finalement, de mieux identifier les conflits que peut générer la diversité de ces ressources et problèmes au sein de la zone-cible d'une politique. En outre, lorsque les processus de décision simulés intégreront des mécanismes de résolution de conflits entre agriculteurs, et prendront en compte les effets du temps et de la dynamique d'adoption d'un contrat sur les décisions des agriculteurs, elle devrait permettre d'appréhender certaines pistes d'amélioration des politiques étudiées.

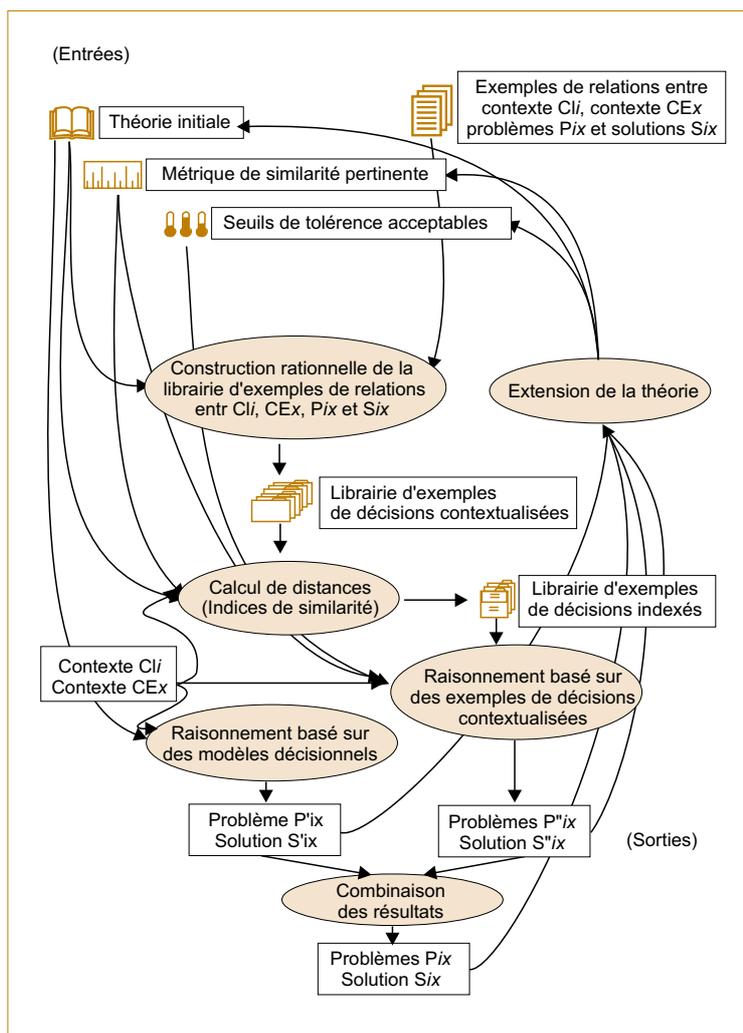
Le projet SILEX a montré également qu'une démarche d'ingénierie des connaissances peut, non seulement permettre de transférer des méthodes (*via* des programmes informatiques), mais aussi contribuer à produire des connaissances méthodologiques. Confirmant les observations d'Hatchuel, Weil, Moisdon et de Terssac (de Terssac, 1992 ; Hatchuel et Weil, 1992 ; Hatchuel et Moisdon, 1993), ce projet montre en effet qu'un travail de modélisation est toujours un travail de (re)construction des connaissances, et qu'une démarche d'ingénierie des connaissances contribue à cette (re)construction par deux voies :

(i) en conduisant les experts à clarifier, discuter, et réviser les concepts, relations, et procédures de transformations d'informations proposés, ainsi que les théories sur lesquelles ils s'appuient ;

(ii) en permettant aux experts de simuler la mise en œuvre de leurs connaissances et processus cognitifs, et de déduire de la confrontation des résultats de ces simulations à la réalité, une confirmation du bien-fondé des connaissances et procédures utilisées, ou une infirmation de celles-ci et des indications sur les informations et transformations d'informations qui permettraient d'améliorer leurs raisonnements.

Enfin, le projet SILEX a montré que la méthode KADS constitue un support de modélisation adapté à une démarche d'apprentissage. En permettant d'identifier rapidement les objectifs assignés à la démarche de modélisation entreprise, le rôle de chaque expert dans cette démarche, les utilisateurs potentiels du modèle, les buts de chaque expertise, le rôle du modèle dans celle-ci, et les principales tâches cognitives mises en œuvre par les experts, l'analyse descendante des rapports d'expertise a en effet facilité l'évaluation *ex ante* de la faisabilité de ce projet. Et l'utilisation, lors de l'analyse descendante de chaque tâche

▼ Figure 5 – Graphe d'inférence d'une stratégie de sauvegarde et de révision des connaissances.



cognitive, des modèles d'interprétation de tâche et des modèles d'inférences élémentaires proposés par KADS, a facilité la formalisation des connaissances mises en œuvre par les experts. Ces modèles ont en effet guidé l'organisation des concepts et relations entre concepts identifiés lors de l'analyse des rapports d'expertise, et fourni de précieuses indications sur les types de connaissances susceptibles d'améliorer l'efficacité de certaines tâches.

Grâce à la schématisation sous forme de graphes d'inférence, des concepts, des relations entre concepts, et des transformations d'informations mis en œuvre par les experts pour construire une solution à un problème, les modèles conceptuels d'expertise ainsi construits ont tout d'abord constitué des outils de communication entre experts, cognitivistes, informaticiens, et futurs utilisateurs des méthodes proposées (Aussenac, 1989). Cadres sémantiques de haut niveau d'abstraction, les modèles conceptuels d'expertise ont en effet facilité, non seulement la validation par les experts des connaissances et procédures qui seront codées par la suite, mais aussi la discussion et la révision des méthodes proposées : points focaux des savoirs et savoir-faire des experts, les nœuds (concepts) et les arcs (relations entre concepts et actions élémentaires de transformation des informations) de ces graphes ont constitué autant de points de départ de réflexions sur la qualité des solutions élaborées, sur le domaine de validité de ces solutions, et sur les pistes d'amélioration des méthodes actuellement utilisées pour appréhender les décisions des agriculteurs face aux mesures d'incitation étudiées.

En outre, en indiquant les concepts et relations entre concepts mis en œuvre, l'ordre d'enchaînement des transformations d'informations utilisé par les experts pour construire une solution au problème étudié, et les paradigmes qui sont à la base des choix effectués par ceux-ci en matière d'informations et de traitement d'informations, les modèles conceptuels d'expertise fournissent également l'explication scientifique des résultats d'une expertise. Autrement dit, en indiquant comment, et dans quels contextes, les méthodes proposées sont utilisées, ils permettent d'identifier le domaine de validité des résultats produits. Et finalement, en facilitant ainsi la sélection de méthodes appropriées aux informations disponibles, ils participent à la réconciliation entre sciences et pratiques (Girard et Hubert, 1999).

La validation des modèles issus de cette démarche n'est pas achevée. Elle se poursuivra au travers de l'analyse des résultats produits par les modèles qui en seront dérivés (tests aux valeurs limites, analyse de sensibilité). Mais l'analyse qui a présidé à l'élaboration de ces modèles a d'ores et déjà permis d'identifier de nouveaux concepts et de nouvelles procédures de traitement d'informations, qui devraient contribuer à améliorer la qualité des résultats des logiques d'expertise des quatre équipes, et à concevoir une stratégie de gestion des connaissances qui devrait, au fil du temps, faciliter la sauvegarde et la révision des connaissances et méthodes de chaque équipe.

L'ordre d'enchaînement de l'ensemble des transformations d'informations mises en œuvre par les experts pour construire une solution au problème étudié définit la structure d'inférence globale de l'expertise. □

Résumé

Cet article présente les résultats d'un travail d'ingénierie des connaissances réalisé par quatre équipes du *Cemagref* dans le cadre du projet SILEX. Ce projet visait trois objectifs : identifier les facteurs qui conditionnent l'adoption par les agriculteurs des pratiques proposées par une politique, identifier des voies d'amélioration des méthodes actuellement utilisées pour appréhender ces facteurs, et faciliter le transfert de ces méthodes entre les équipes impliquées dans le projet. Les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs aux politiques étudiées ont été appréhendés en simulant un processus de prise de décision dans les exploitations agricoles des zones-cibles des politiques, puis en analysant les relations existant entre les décisions ainsi élaborées, les raisons de ces décisions, et le contexte de ces décisions (caractéristiques des exploitations, contexte économique et réglementaire). Les concepts, relations entre concepts, et l'enchaînement des transformations d'informations qui participent aux processus de prise de décision simulés, ont été spécifiés en procédant à l'ingénierie des connaissances mises en œuvre par les experts impliquées dans le projet (méthode KADS). Le projet a produit trois types de résultats : des méthodes pour appréhender les réactions des agriculteurs face à une politique à finalité agri-environnementale, des indications sur les facteurs qui conditionnent l'adhésion des agriculteurs aux politiques étudiées, et des indications sur les voies d'amélioration des logiques d'expertise actuelles.

Abstract

This paper presents the main results of the SILEX research project. Main objectives of this project were : (i) to point out success factors of environmental policies among farmers, (ii) to point out ways able to improve the methods used to highlight these factors, and (iii) to facilitate the transfer of these methods. Success factors of policies were pointed out by simulating decision process within target farms of the studied policies, then by analysing relations existing between the highlighted decisions and the context of these decisions (farm features, economic context...). Concepts, relations among concepts, and inference structure of the farmer decision-making processes were modelled by using knowledge engineering technologies (KADS methodology). SILEX project produced : (i) methods to point out success factors of three types of environmental policies, (ii) indications about success factors of these policies, and (iii) ways to improve the current methods.

Bibliographie

- ASHWIN, Rm, ANTHONY, G.F. Jr, 1996, *Experiences, Lessons and Future Directions*, D.B. Leake, Editor, AAAI Press.
- ATTONATY, J.M., SOLERS, L. G., 1990, *Pour un renouvellement des instruments d'aide à la gestion stratégique en agriculture*, Communication au Congrès Européen des Économistes Agricoles, La Haye.
- AUSSENAC, N., 1989, *Conception d'une méthodologie et d'un outil d'acquisition des connaissances expertes*, Thèses de l'université Paul Sabatier, octobre 1989.
- BENOÎT, M., BROSSIER, J., et al., 1988, *Diagnostic global d'exploitation agricole : une proposition méthodologique*, INRA-SAD.
- BEURET, J.-F., 1999. Petits arrangements entre acteurs : les voies d'une gestion concertée de l'espace rural. *Natures, Sciences, Sociétés*, vol. 7, n° 1, p. 21-30.
- BOLSTANSKI, L., THÉVENOT, L., 1991, *De la justification : les économies de la grandeur*, Gallimard, Paris, 485 p.
- BONNEVIALE, J.-R., JUSSIAU, R., MARSHALL, E., 1989, *Approche globale de l'exploitation agricole*, Dijon, Institut National de Recherches Pédagogiques, INRAP, 329 pages.
- BOUSSARD, J.-M., 1970, *Programmation mathématique et théorie de la production agricole*, Édition Cujas, Paris.
- BOUSSARD, J.-M., DAUDIN, J.-J., 1988, *La programmation linéaire dans les modèles de production*, INRA, Actualités scientifiques et agronomiques, Masson, Paris.
- BOUSSET, J.-P. . 1994. Decision-making Process and Strategic Planning Process by Scenarios: An Operative Model so as to study the Possible Futures of Cattle and Sheep Farms of Auvergne and Limousin. *Farmer's Decision Making, 38th EAAE Seminar, Copenhagen, october 1994*.
- BOUSSET, J.-P., 1996. Modèle pour l'étude prospective d'exploitations agricoles. *Ingénieries* n° 5, p. 13-21.
- BOUSSET, J.-P., 1997, *Integrating Case and Model-Based Reasoning for thinking about the future: philosophical and methodological considerations*, RIPPLE project, FAIR 3 – CT 96 – 1827, WP 7, Cemagref.
- BREDEWEG, B., VOSS, H., 1992, *A KADS conceptual model of prediction based diagnosis*, Technical Report 04-92, National German Research Center for Computer Science (GMD).
- BREDEWEG, B., VOSS, H., 1992. Interpretation model for prediction based diagnosis: The GDE paradigm. *Proceeding of the 2nd KADS user meeting in Munich*, Munich, Siemens AG.
- BREUKER, J. et al., 1987, *Model-Driven Knowledge Acquisition Interpretation models, KADS*, Esprit Project 1098, Deliverable task A1.
- BREUKER, J. et VAN DE VELDE, W., 1994, *Common KADS Library for Expertise Modelling*, Joost Breuker (Ed.), Col. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 21, IOS Press, Amsterdam.
- BROSSIER, J., VISSAC, B., et al., 1989. Modélisation systémique et système agraire : décision et organisation. *Séminaire du département de recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement (SAD), INRA, 2-3 mars 1989, Saint-Maximin, France*.
- BROUSSEAU, E., 1993, *L'économie des contrats : technologies de l'information et coordination inter-entreprises*, PUF, Paris, 361 p.
- BRUNET, E., 1987. KADS : méthode de l'ingénierie des connaissances. *Génie logiciel et systèmes experts*, n° 23, juin 1987.
- CAPILLON, A., 1993, *Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques*, INA-PG, Thèse pour l'obtention du titre de Docteur de l'INA-PG, avril 1993, t. I, 58 p.
- CAPILLON, A., MANICHON, H., 1991, *Guide d'étude de l'exploitation agricole à l'usage des agronomes*, INA-PG Chaire d'Agronomie (Relance Agronomique INA-PG, APCA), avril 1991, deuxième édition, 65 p.
- CHARREAUX, G., 1987, La théorie positive de l'agence : une synthèse de la littérature, in Charreaux et al., *De nouvelles théories pour gérer l'entreprise*, Economica, Paris, p. 19-55.

- COMPAGNON, F., 1991, *METODAC : méthodologie pour l'acquisition des connaissances, formalisation et simulation*, Expersys.
- CRISTOFINI, B., 1985. La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations : un outil pour l'aménagement et le développement rural. *INRA Études et Recherches*, n° 6, février 1985, 43 p.
- DUPUY, J.-P., 1989. Convention and Common Knowledge. *Revue économique*, vol. 40, n°2, p. 361-400.
- FISHER, G., MAKOWSKI, M., ANTOINE, J., 1996, *Multiple Criteria Land Use Analysis*, WP-96-006, IIASA, Laxenburg, Austria.
- GENDREAU, N., LONGHINI, M., *et al.*, 1998. Gestion du risque d'inondation et méthode inondabilité : une perspective socio-économique. *Ingénieries*, n° 14, p. 3-15.
- GILARD, O., 1998. *Guide pratique de la méthode inondabilité*, Agences de l'eau, Ministère de l'environnement.
- GIRARD, N., HUBERT, B., 1999. Modelling expert knowledge with knowledge-based systems to design decision aids. The example of a knowledge-based model on grazing management. *Agricultural Systems*, n° 59, p. 123-124.
- GOLDING, A.R., ROSEMBLOOM, P.S., 1995, *Improving accuracy by combining rule-based and case-based reasoning*, Mitsubishi Electric Research Laboratoires.
- GUESNERIE, R., LAFFONT, J.-J., 1984. A Complete Solution to a Class of Principal-Agent Problems with an Application to the Control of a Self-Managed Firm. *Journal of Public Economics*, vol. 25, p. 329.
- HAMMOND, K.J., 1989. *Cased-based planning*. Academic Press.
- HAOUCHE, C., ROSENTHAL-SABROUX, C., 1966. KBS Life-cycle and validation. *Cahier du Lamsade*, Cahier n° 133, Lamsade, Université Paris-Dauphine, Paris.
- HATCHUEL, A. et MOISDON, J.-C., 1993. Modèles et apprentissage organisationnel. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 28, p. 18-32.
- HATCHUEL, A. et WEIL, B., 1992, *L'expert et le système*, Paris, Économica, 263 p.
- HÉMIDY, L., MAXIME, F., *et al.*, 1993. Instrumentation et pilotage stratégique dans l'exploitation agricole. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 28, p. 91-118.
- HICKMAN, F.R., KILLIN, J.L., LAND, L., PORTER, D., TAYLOR, R.M., 1989, *Analysis for knowledge based system, A practical guide to the KADS methodology*, Ellis Horwood Publisher Chichester.
- HOFSTADTER, D.R., GOEDEL, ESCHER, BACH, 1979, *An Eternal Golden Braid*, NY, Basic Books.
- KASS, A., 1994, Tweaker: adapting old explanation to new situation, in Schank R., Riesbeck C. & Kass A., (Eds), *Inside Case-Based Explanation*, chap. 8, p. 263-295, Lawrence Erlbaum Associates.
- KOLODNER, J., 1993, *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA.
- KRIVINE, J.-P., DAVID, J.-P., 1991. L'acquisition des connaissances vue comme un processus de modélisation : méthodes et outils. *Intellectica*, n° 12, 1991/1992, p. 101-138.
- LANDAIS, E., LASSEUR, J., 1993. Une application du concept de « modèle d'action ». Pour une lecture zootechnique des pratiques d'élevage. *Études Rurales*, n° 131-132, p. 165-181.
- LE MOIGNE, J.-L., 1990, *La modélisation des systèmes complexes*, Afcet Systèmes, Bordas, Paris, 166 p.
- LONGHINI, M., 1997, *Analyse micro-économique de la vulnérabilité aux inondations*, Recherche d'un cadre théorique, Cas agricole, Lyon, Cemagref.
- LONGHINI, M., 1998, *Contribution potentielle des agriculteurs à la gestion de l'inondabilité*, Recherche d'outils micro-économiques d'analyse, Étude de faisabilité sur le cas du Rival, Lyon, Cemagref.
- MANAGO, M., ALTHOFF, K.D., TRAPHONER, R., 1993, Induction and reasoning from cases, in : *ECML – European Conference on Machine Learning, Workshop on Intelligent Learning Architectures*, Vienna, avril 1993.
- MARTIN, P., 1994. La méthodologie d'acquisition des connaissances KADS et les explications. *INRIA research report n° 2179*.

MORMONT, M., 1996. Agriculture et environnement : pour une sociologie des dispositifs. *Économie Rurale*, n° 236, p. 28-36.

OBERLIN, G., 1995. Les outils disponibles de la prévention des inondations dommageables. *Ingénieries hors-série, Inondation, du constat à la décision*, p. 35-50.

OHLMER, B., OLSON, K., BREHMER, B., 1993, Towards a model of strategic decision making, An application to farmers' adaptation to deregulation of agriculture and EC – membership, Report n° 60, Dept of economics, SLU, Uppsala.

ORLÉAN, A., 1991. L'économie des conventions, *Actes du colloques des 27 et 29 mars 1991*, Paris, CREA – École polytechnique.

PIVOT, J.-M., BOUSSET, J.-P., PERRET, E., TURPIN, N., GENDREAU, N., DOBREMEZ, L., POULARD, C., 2000, *Modélisation et Simulation de Logiques d'Expertise appliquées à la résolution de questions agri-environnementales*, Rapport final : Document principal 65 p., Document complémentaires 176 p., UR Dynamiques et fonctions des territoires ruraux, Cemagref, Clermont-Ferrand.

RIESBECK, C.K. & SCHANK, R.C., 1989, *Inside Case-Based Reasoning*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, US.

ROSS, S., 1973. The Economic theory of Agency: the principal's Problem. *American Economic review*, vol. 63, p. 134-139.

SACERDOTI, E.D., 1975, Planning in a hierarchy of abstraction spaces, in *Proceeding of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*.

SCHWATZ, P., 1993. The strategic planning by scenarios. *Futuribles*, mai 93.

SHAFIR, E., SIMONSON, I. & TVERSKY, A., 1993. Reason-based choice. *Cognition*. n° 49, p. 11-36.

SHOEMAKER, P., 1989a, *Scenario Thinking*, University of Chicago.

SHOEMAKER, P., 1989b, *When and How to Use Scenario Planning*, University of Chicago.

SYCARA, K., 1988, Using case-based reasoning for plan adaptation and repair, in Kolodner J. (Ed), *Proceeding of the Case-Based Reasoning Workshop*, p. 425-434, Palo Alto, DARPA, Morgan.

TERSSAC De, 1992, *L'autonomie dans le travail*, Paris, PUF.

VALENTE, A., LOCKENHOFF, C., 1993. Organisation as guidance: A library of assessment models, in *Proceeding of the Seventh European Knowledge Acquisition Workshop (EKA W 93)*, p. 243-262.

VÉRON, F. (coord.), BERNARD-BRUNET, C., BORNARD, A., DOBREMEZ, L., DORÉE, A., DUPUIS, M.-F., FISCHESSE, B., LABONNE, S., PERRET, E., MATHIEU, P., 1999, *Suivi de l'article 19 en zones de déprise (Ariège, Jura, Lozère et Var)*, Rapport final, Cemagref AMM et EPM Grenoble, avril 1999, 801 p. (2 volumes).

VOGEL, C., 1988, *Génie cognitif*, Collection Sciences Cognitives, Masson.

WIELINGA, B.J., SHEIBER, A.T., BREUKER, J., 1992, KADS: a modelling approach to knowledge engineering, in *Knowledge Acquisition*, 1992, 4 (1).

WILLIAMSON, O.E., 1979. Transaction-Cost Economics: the Governance of Contractual relations. *Journal of Law and Economics*, vol. 2.

Le point de vue d'un scientifique extérieur

Bernard HUBERT
INRA

Chef du Département systèmes agraires et développement
147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07

Je fais partie du comité scientifique du programme et j'ai suivi ce projet depuis l'origine. J'avais, je dois l'avouer, quelques inquiétudes au départ vis-à-vis d'un certain unanimité autour des questions d'environnement et du choix de la méthode d'ingénierie des connaissances KADS, qui s'appuie sur des modèles génériques très normatifs. Mais j'ai été rassuré au fur et à mesure que le programme avançait. Aujourd'hui, je vous indiquerai, en quatre points, quels sont pour moi les apports de cette proposition.

La diversité des questions d'environnement

On a bien vu que les questions d'environnement ne se posent pas partout de la même façon et ne se traitent pas partout de manière uniforme. Nous pouvons dégager trois cas de figure qui se différencient par :

- les questions posées ;
- les procédures et les mesures mises en œuvre ;
- les raisonnements développés par les chercheurs impliqués.

Cas de la dépollution diffuse (cas n°1)

Dans ce domaine où il y a des normes à respecter, on peut appliquer, à peu près, des modèles de type « rationalité substantive », et on peut optimiser une procédure parce qu'on dispose d'un critère de performance optimisable.

Cas d'un contrat spécifiant les pratiques et les primes (cas n° 2)

C'est une situation de formulation de problèmes. Les opportunités permises par les MAEs dans l'Ariège permettent aux personnes concernées de reconsidérer leur avenir, leur position dans l'espace, leurs relations sociales, l'extension de leur troupeau, la récupération de terrains, etc.

Cas d'un contrat spécifiant un événement hydrologique (cas n° 3)

Il s'agit de proposer une organisation autour d'un risque, en l'occurrence le risque d'inondation. Cette réflexion est fondée sur une avancée conceptuelle autour de la relation entre aléa et vulnérabilité. En fonction du type de vulnérabilité, comment se situe-t-on par rapport à des

aléas ? Comment prendre des décisions dans une configuration marquée par des risques ? Derrière les questions d'environnement, il y a des contextes différents, des types de connaissances différents et des procédures d'action différentes. C'est l'un des apports de ce travail que d'avoir mis en évidence cette diversité.

La décomposition du raisonnement des experts

La décomposition du raisonnement des experts constitue le deuxième apport de ce travail. En l'espèce, l'utilisation des modèles génériques de KADS a permis de comparer et de faire travailler ensemble les trois équipes. Vous êtes tous passés au même crible, avec des exigences d'explicitation de vos procédures de raisonnement et des connaissances que vous mobilisiez.

En ingénierie des connaissances, on distingue souvent les connaissances du domaine et les connaissances du raisonnement. KADS travaille plus sur les connaissances du raisonnement que sur les connaissances du domaine : cela tombait bien car les connaissances du domaine étaient très diverses. Mais, comme l'a bien montré l'exposé, le travail sur les connaissances du raisonnement éclaire la manière dont sont constituées et organisées les connaissances du domaine, autrement dit il renvoie à un cahier des charges de travail des équipes de recherche sur leurs propres connaissances.

Les productions

Je pense que cette décomposition du raisonnement des chercheurs a produit un apprentissage. Ces deux années de travail collectif les ont, à mon avis, transformés. Nous en sommes maintenant au renouvellement du cahier des charges de ces équipes, dans les deux directions que j'ai indiquées : les connaissances du domaine et les connaissances du raisonnement. D'ailleurs, les chercheurs ont déjà identifié des pistes d'amélioration de leurs propres modèles de raisonnement.

Ce travail est aussi de nature à modifier en profondeur les relations entre les équipes de recherche et leurs partenaires, qu'ils soient individuels ou collectifs. D'une instrumentation des acteurs partenaires, on est passé à de véritables formes de coopération.

Le travail de science de l'ingénierie

Le modèle ne reproduit pas les raisonnements des agriculteurs. C'est un effort fait par les chercheurs pour expliciter leur compréhension des raisonnements des agriculteurs. Les modèles ne seront jamais parfaits : ce sont des outils dans une démarche de recherche, particulière-

ment utiles quand ces recherches sont collectives ; ils permettent de mieux travailler à plusieurs mais ils ne sont jamais une expression de la réalité, ce sont des instruments pour rendre intelligibles certains phénomènes. Le travail réalisé n'est pas une recherche en ethnographie ou en anthropologie – des agriculteurs pas plus que des chercheurs – mais un travail

de science de l'ingénierie : quelle est la production de connaissance la plus appropriée à des dispositifs d'actions, dans lesquels les actions sont essentiellement faites par d'autres ? Pour ma part, j'ai été impressionné par la qualité de ce travail, qui peut contribuer de manière significative aux finalités du *Cemagref* en explicitant les relations entre connaissances et action. □

Photo J.-M. Le Bars

