



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion ?

M Patrice Garin, M Pierre Strosser, Mme Sophie Lamacq

Citer ce document / Cite this document :

Garin Patrice, Strosser Pierre, Lamacq Sophie. Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion ?. In: Économie rurale. N°254, 1999. L'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde. pp. 12-19;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1999.5133>

https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1999_num_254_1_5133

Fichier pdf généré le 26/03/2019

Résumé

Cette communication présente l'approche systémique utilisée au Pakistan pour une analyse prospective de politiques du secteur irrigué, en particulier des marchés de l'eau. L'enjeu était d'élaborer une représentation des processus biophysiques et décisionnels en interaction, jugés déterminants par rapport aux réformes envisagées. L'articulation de travaux mono-disciplinaires aboutit ensuite à un modèle intégré simplifié sur un périmètre, utilisé dans l'évaluation de scénarios. Cette représentation ne prétend pas à l'universalité, car elle retient comme pertinents des processus et des échelles spatiales et temporelles en fonction de la problématique abordée. Une revue de littérature confirme la variété des représentations selon les objectifs de recherche. Les limites de l'approche et ses autres usages possibles sont discutés.

Abstract

Building a representation of irrigation systems for assessing impacts of policy and management interventions ?

The paper presents the different steps of the systemic analysis applied for identifying appropriate policy and management interventions in irrigation systems in Pakistan. A key element of this analysis is the building of a representation of the irrigation systems considered that combines relevant biophysical and decisional processes. This representation is the basis for the development of disciplinary activities, and for their integration into a simple but robust integrated model used for assessing the impact of potential interventions. The authors stress the non-universal character of this representation that has been built according to the issues, spatial and temporal scales and irrigation system investigated. This is further confirmed by the diversity of representations presented in the literature. The limits of the approach and its other possible uses are discussed.

Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion ?

Les tensions entre usages de la ressource en eau, des inquiétudes quant à l'évolution des sols sous irrigation et l'exigence d'une plus grande transparence dans l'utilisation des fonds publics sont autant de facteurs qui imposent une amélioration des performances globales des aménagements hydro-agricoles. La réforme du secteur irrigué au Pakistan est une bonne illustration de cet enjeu. La productivité de l'agriculture irriguée y est une des plus faibles au monde, avec par exemple un rendement moyen inférieur à 2t/ha pour le blé, principale production vivrière. Pour compléter l'eau trop rare et aléatoire des grands canaux publics, les agriculteurs multiplient les puits privés et les pompages dans les nappes, malgré la médiocre qualité de l'eau. Cette pratique conduit à une dégradation des sols par salinité ou sodicité. Initiée depuis 1993 par les bailleurs de fonds inquiets des déficits croissants du secteur, une réforme propose un désengagement de l'État de certaines activités de gestion du réseau de canaux et le développement de marchés de l'eau. La réforme proposée ne repose sur aucune étude de scénario alternatif, comme l'amélioration des performances du système de distribution en intervenant soit sur les règles de gestion des canaux, soit sur leur maintenance.

Comme dans de nombreux pays qui envisagent ou commencent une réforme des politiques de l'eau, le choix entre des interventions de nature économique et institutionnelle (marché de l'eau, délégation de gestion à des associations d'usagers) ou technique et organisationnelle (gestion des canaux) devrait être étayé par leurs effets attendus sur de nombreux critères :

- économiques, comme la valorisation économique de l'eau ou les revenus agricoles,
- environnementaux, comme les impacts sur la qualité de l'eau et des sols,
- ou sociaux, comme l'équité, etc.

Or les études d'impacts restent peu nombreuses et monodisciplinaires, au Pakistan comme ailleurs.

De nombreuses méthodes d'évaluation pluridisciplinaires des politiques d'aménagement reposent sur des démarches d'analyse *a posteriori* des effets induits. La méthode des graphes d'objectifs (Funel et Laucoin, 1980) ou l'association d'analyses des systèmes agraires, des systèmes de production et de pratiques paysannes (CIRAD 1986 ; Jamin, 1994, par exemple) permettent de confronter les logiques des exploitants agricoles aux logiques des

aménageurs afin d'ajuster, au vu de l'expérience passée, les objectifs et les moyens mis en œuvre. Mais ces méthodes ne sont guère utilisables pour l'exploration de futurs possibles.

Les méthodes d'évaluation *a priori* sont le plus souvent monodisciplinaires. La modélisation des réseaux et des méthodes de régulation permet l'exploration des potentialités techniques de ré-allocation de l'eau de surface par une meilleure gestion des ouvrages, mais négligent les impacts prévisibles sur les assolements et sur les pratiques d'irrigation. Des méthodes d'évaluation économique préalables à un aménagement ou à une réforme de gestion anticipent ses effets attendus sur le revenu des agriculteurs et sur la valorisation économique de l'eau (Rieu *et al.*, 1993). Mais elles omettent de considérer les contraintes de transferts d'eau liées aux infrastructures hydrauliques ainsi que les impacts environnementaux. D'autres méthodes économiques prennent en compte les coûts associés aux effets externes, non sanctionnés par des transactions directes sur les marchés. Mais les résultats de ces approches globales sont souvent critiqués, du fait notamment d'insuffisances dans l'analyse des processus bio-physiques, de présupposés rarement explicités et de lacunes dans l'appréciation interdisciplinaire des impacts des décisions publiques (Cohen de Lara et Dron, 1998).

Nous présentons ici les éléments d'une approche intégrée d'un périmètre irrigué développée lors d'une action de recherche interdisciplinaire au Pakistan, associant le Cemagref et L'International Irrigation Management Institute (IIMI). Son but était de produire une *méthode prospective d'évaluation de scénarios d'interventions publiques dans le secteur irrigué*, fondée sur l'usage de modèles permettant de quantifier (au moins en partie) les impacts potentiels des réformes sur l'offre en eau, la production agricole et l'environnement.

Le défi était de pouvoir associer des travaux s'attachant à formaliser les décisions et les pratiques des agriculteurs (systèmes agraires, économie), avec ceux analysant le fonctionnement hydraulique du système de distribution (hydraulique, transport solide, régulation) et ceux décrivant les processus bio-physiques de la dégradation des sols. Ainsi, les périmètres irrigués devaient être appréhendés selon différents points de vue à des échelles de temps et d'espace divers. La construction d'une *représentation* du périmètre irrigué commune à tous les chercheurs, était

donc un passage obligé pour la coordination de travaux interdisciplinaires.

Dans une première partie, nous présentons le cadre théorique adopté et quelques références sur les représentations de périmètres irrigués utilisées pour aborder les réformes de gestion de l'eau. Dans une seconde partie sont présentées l'approche intégrée et la représentation élaborées dans le cadre de la collaboration Cemagref-IMI au Pakistan. Les limites de cette représentation sont discutées dans une dernière partie.

Le périmètre irrigué: un système complexe qu'il faut représenter

1. Une approche systémique du fonctionnement des périmètres

Dans de nombreux travaux abordant les relations entre l'homme et son environnement, la recherche s'est d'abord organisée selon un découpage disciplinaire du sujet, suivi d'une «synthèse» et/ou d'une somme des résultats disciplinaires (Jollivet et Pavé, 1992). De nombreux programmes sur les périmètres irrigués ont été menés de la sorte, aboutissant à des méthodes d'analyse et à des indicateurs de performance (Molden et Gates, 1990; El-Awad *et al.*, 1991 par exemple). Outre les difficultés de réalisation d'une synthèse *se présentant alors comme un collage plus ou moins hétéroclite* des travaux disciplinaires menés séparément (Jollivet et Pavé, 1992), le résultat final est critiquable par l'absence d'analyse des interactions et par les incertitudes nées du couplage de recherches menées à des échelles de temps et d'espace différentes. On soulignera aussi les difficultés matérielles à comparer de nombreux scénarios, qui font l'intérêt des études prospectives et à retracer des dynamiques d'évolution à partir d'une synthèse de travaux.

Constatant qu'il était illusoire de vouloir rendre compte *en même temps* de tous les processus physiques, chimiques, biologiques et décisionnels qui interviennent dans le fonctionnement d'un aménagement, des chercheurs ont tenté de préciser les niveaux d'organisation pertinents, les unités fonctionnelles au sein d'un périmètre irrigué et leurs relations mutuelles, ainsi que leurs rapports avec l'extérieur. Pour cela ils se sont appuyés sur des approches systémiques. Comme tout système, un périmètre est décomposable en trois niveaux d'organisation (Le Moigne, 1994, citant Boulding, 1962):

- Le sous-système décisionnel réagit à partir des informations, de sa «mémoire» et de ses objectifs pour intervenir sur le sous-système opérant (coordination et pilotage des actions).
- Le sous-système d'information recueille et traite les informations utiles au sous-système décisionnel.
- Le sous-système opérant est le lieu où se fait la transformation des intrants en «extrants», qui matérialise la fonction du système (ce qu'il fait) (figure 1).

Il n'y a donc pas une seule et unique manière d'appréhender le système, ses niveaux d'organisation et ses unités fonctionnelles. «*Un système n'est pas quelque chose qui existe dans la réalité [...] c'est uniquement une construction mentale, variable en fonction du contexte et de nos intentions, que nous élaborons pour faciliter la compréhension et la construction d'un réel complexe*» (Génelot, 1992).

Illustration non autorisée à la diffusion

Source : Le Moigne, 1994

Les méthodes s'appuyant sur une analyse du système d'information et de ses interactions avec les deux autres sous-systèmes, s'intéressent au pilotage de la gestion de l'eau. Les représentations du périmètre mettent l'accent soit sur les *interfaces entre acteurs*, soit sur les *interfaces entre les niveaux de décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles* (Rey, 1996). Schématiquement, ces méthodes sont plutôt destinées à évaluer *comment* mettre en œuvre une réforme de gestion donnée plutôt qu'à choisir entre des options d'intervention.

Les méthodes d'analyse prospective pour le choix d'une réforme de gestion peuvent être classées en trois types selon:

- La fonction du système, telle qu'elle est perçue par le (ou les) concepteurs (s) de la méthode.
- Le sous-système dont le concepteur veut évaluer l'évolution.
- L'échelle spatiale et temporelle de l'analyse, qui va de la vision locale sur un périmètre donné à l'évaluation nationale du secteur irrigué, selon la finalité de l'étude.

À titre d'illustration, nous en présentons trois exemples pris dans la littérature.

2. Diversité des représentations et diversité des méthodes d'évaluation des réformes de gestion

Une première famille de représentation se limite au sous-système opérant. Ce type de représentation a été choisi par exemple par Merkley (1993) pour élaborer son Planning Distribution Model appliqué à l'échelle nationale en Égypte. Il s'agissait d'évaluer l'impact de différents programmes d'allocation d'eau sur la production agricole et la salinité des terres. Dans cette représentation inspirée de Small et Svendsen (1990), le périmètre «Égypte» est décrit comme une combinaison de deux sous-systèmes opérants en série, chacun ayant sa propre fonction. Le sous-système opérant «*production et distribution d'eau*», distribue de l'eau à chacune des régions administratives à

partir du réseau hydraulique primaire. Le sous-système opérant «*régions irriguées*» transforme l'eau en produits agricoles en fonction d'un bilan hydrique et salin estimé en assimilant chaque région à une grande parcelle irriguée. Cette représentation a servi de canevas à un modèle global composé de sous modèles analytiques associés en série, décrivant chacun un des processus biophysiques selon des lois théoriques ou empiriques. Ce modèle global a atteint son objectif principal, à savoir aider des politiques et des bailleurs de fonds «*extérieurs*» au système à prendre des décisions sur des propositions d'allocation saisonnière compatibles avec la ressource nationale et les caractéristiques des infrastructures hydrauliques primaires. L'absence de référence aux acteurs qui agissent au sein du système (acteurs «*internes*»), à leurs modes de prise de décision, donc aux sous-systèmes de décision et d'information est justifiée par la portée nationale de l'étude et son destinataire final. On ne sait rien ni de la capacité ni de la volonté de ces acteurs internes à mettre en œuvre le scénario retenu et leur influence sur le fonctionnement du système a été négligée.

Une autre famille de représentation met l'accent sur les processus décisionnels et les multiples fonctions du système irrigué. Pour Molle et Ruf (1994), à la répartition «*de la ressource en eau à un instant et en des lieux où elle fait défaut (fonction agronomique)*» s'ajoutent des objectifs sociaux beaucoup plus vastes et plus complexes. «*Le système irrigué est l'objet d'attentes individuelles et collectives des différents acteurs, qui expriment en particulier les jeux de pouvoir propres à chaque groupe social*». Les recherches donnent la priorité à la compréhension du *pourquoi* des décisions des acteurs «*internes*» au système (sous-système décisionnel) et en quoi l'environnement les influence, en particulier les décisions publiques «*extérieures*». La représentation du système met en relief la logique sociale superposée à celle de la trame physique. Elle conduit à associer recherches en sciences sociales et en sciences de l'ingénieur pour l'analyse historique des périmètres, reconstituer les droits d'accès à l'eau et à la terre, puis relier les conflits majeurs sur ces ressources aux transformations techniques et économiques. La complexité et la multiplicité des relations envisagées tant en interne qu'avec l'extérieur interdit toute tentative de modélisation globale du système sous forme mathématique. Les prévisions d'évolution et propositions d'actions sont évaluées dans chaque discipline séparément, avec une synthèse finale reposant ensuite sur l'expertise et la discussion avec les parties prenantes de la réforme. La démarche d'intervention repose sur le postulat d'une meilleure acceptation d'une réforme par les usagers de l'eau et par les gestionnaires lorsqu'elle s'appuie sur un *diagnostic partagé* du système, comprenant une «*mise à plat*» des droits, des objectifs de chacun et des performances technico-économiques des composantes du sous-système opérant (le réseau, les productions agricoles et d'élevage). On retrouve les difficultés d'organiser cette synthèse et les scénarios, les limites des choix implicites de «*l'expert*» soulignés par Jollivet et Pavé (1992) à propos d'approches multidisciplinaires. Cette approche a été utilisée avec succès pour réformer des politiques d'allocation

de l'eau au *niveau local* impliquant tout au plus quelques centaines d'irrigants (cf. par exemple Gilot, 1996). Mais la finesse des analyses des réseaux sociaux et l'importance du dialogue entre chercheurs et acteurs internes du système cantonnent les possibilités d'usage opérationnel de cette représentation complexe au niveau local. L'évaluation d'une réforme nationale ou régionale ne pourrait s'appuyer que sur la synthèse d'études de cas représentatives, sans espoir d'estimations globales et quantifiées.

Dans la formalisation d'un système irrigué sous forme d'un *système multi-agents*, les objets d'étude sont aussi les acteurs et leur comportement, mais l'accent est mis sur les interactions entre agents, sous forme d'échanges d'informations, de négociations et d'influences sur les ressources. La représentation aboutit à un modèle artificiel du système sous forme informatique. Elle comprend: (1) l'environnement, (2) des objets passifs, perçus, créés, détruits, ou modifiés par (3) les «*agents actifs*» doués d'objectifs qui mobilisent (4) des opérations, pour percevoir et agir sur les objets, (5) des «*opérateurs*» chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction de l'environnement qu'elle induit (Bousquet *et al.*, 1995). Il ne s'agit pas ici de chercher à reproduire précisément la réalité, du fait d'un postulat d'impossibilité d'intégrer toute la complexité du système. La démarche d'intervention vise à *susciter la réflexion des parties prenantes pour une négociation* sur les règles d'usages de la ressource à partir d'une représentation du système qu'elles jugent acceptables. Cette approche peut donc théoriquement s'appliquer tant au niveau local, en impliquant les acteurs internes au périmètre irrigué (cf. par exemple Barreteau, 1998), qu'au niveau national, en associant des représentants d'institutions du secteur de l'eau. Des nombreuses questions restent cependant en suspens quant à la validité des tendances dégagées par les modèles construits à partir de ce type de représentation.

Chacun de ces trois types d'approche aurait pu être mis en œuvre pour évaluer *a priori* l'opportunité du développement des marchés de l'eau au Pakistan. Dans ce pays, près de 16 millions d'hectares sont approvisionnés en eau d'irrigation de surface par un réseau complexe de canaux maillés, qui redistribue l'eau de l'Indus, de ses principaux affluents et de deux barrages réservoirs. Les canaux primaires dominant en moyenne chacun 350 000 ha et se subdivisent en secondaires pour alimenter 500 à 10 000 ha organisés en mailles hydrauliques de 50 à 250 ha cultivés par 20 à 100 exploitants (2 ha en moyenne par exploitation). Les marchés de l'eau, tels qu'ils sont envisagés par les bailleurs de fonds, devraient impliquer toutes les échelles et tous les acteurs du secteur irrigué, puisqu'il s'agit de favoriser les transactions entre individus, mailles, secondaires jusqu'aux cessions entre grands canaux. Cependant, aucune étude prospective locale ou nationale n'avait été entreprise pour étayer le bien fondé de cette réforme, justifiée seulement en référence au courant libéral et par le succès, pourtant controversé, d'une politique analogue au Chili (Strosser, 1997).

Le CEMAGREF et l'IWMI ont ainsi décidé de développer une méthode d'analyse prospective, avec l'objectif

d'appréhender les conséquences économiques et environnementales des réformes alors envisagées et de s'assurer de leur faisabilité hydraulique. Les échelles d'étude, du local au régional en excluant le national, étaient justifiées par l'ambition d'intégrer le comportement de l'ensemble des acteurs de la chaîne de l'eau, depuis l'agriculteur jusqu'au gestionnaire responsable de la gestion des canaux primaires. Les réformes envisagées concernaient soit les marchés de l'eau soit une modification des règles d'exploitation et de maintenance des canaux primaires et secondaires. Cette recherche a eu comme site d'application la sous division Chishtian, un périmètre irrigué de 70 000 ha du Sud Pendjab.

Une représentation pour une évaluation de changements de gestion aux échelles locales et régionales

1. Principales composantes de la représentation choisie

Les chercheurs se sont intéressés à la fois au *sous-système opérant*, par la prise en compte de processus physiques et biophysiques et au *sous-système décisionnel*, par le biais des règles de décision de partage de la ressource et les décisions d'assolement des agriculteurs. La représentation retenue se situe ainsi à mi-chemin entre l'approche développée par Small et Svendsen (1990) et celle défendue par Molle et Ruf (1994). Elle est construite à partir de différents éléments:

- Les *processus biophysiques* à l'œuvre dans le sous-système opérant concernent le transport de l'eau de la tête du canal primaire à la plante et sa transformation en produits agricoles, à différentes échelles (canal primaire, canal secondaire, canal tertiaire, exploitation agricole, parcelle, zone racinaire).
- L'identification des *acteurs «internes»* et de leurs règles de décisions sur le système opérant. Ces acteurs internes doivent être distingués de ceux qui sont *externes* au système représenté mais qui peuvent avoir une influence sur lui. Les acteurs internes sont ceux dont on veut formaliser le processus de décision. Les acteurs externes sont des individus ou des institutions dont les décisions vont modifier un intrant ou un processus du système. Mais ces décisions seront considérées comme des données extérieures qui s'imposent au système. Dans le cas présent les acteurs internes sont principalement le *département d'irrigation (PIPD)*, en charge de la distribution de l'eau et de la maintenance pour les canaux primaires et secondaires, et les *agriculteurs* qui gèrent l'eau au sein des mailles hydrauliques et choisissent leurs productions et leurs pratiques. Les transactions marchandes et non marchandes sur les produits agricoles, l'eau de puits et l'eau de canal sont aussi du ressort des agriculteurs. Les acteurs externes sont principalement les bailleurs de fonds, les décideurs politiques et les gestionnaires au niveau plus élevé du bassin de l'Indus. Ils peuvent modifier l'allocation d'eau accordée

au système, les politiques de prix des intrants et produits agricoles ou proposer un scénario à tester.

- Les acteurs externes font partie de *l'environnement* du système, qui comprend aussi des paramètres physiques qui influencent le système. Par exemple les événements climatiques qui affectent les demandes en eau des cultures. La nappe souterraine étant relativement profonde et influencée par des flux débordant largement les limites de la sous division Chishtian, elle a été considérée comme étant un paramètre extérieur au système. Il reste cependant possible d'élaborer des bilans entrées/sorties entre le système et la nappe.

La construction de la représentation s'est basée sur des analyses disciplinaires préliminaires, et sur l'information collectée au cours de discussions avec des intervenants, qu'ils soient acteurs internes du système (gestionnaires de la sous division Chishtian, agriculteurs) ou externes (chercheurs...). La figure 2 illustre les éléments de cette représentation, dont on trouvera une description plus détaillée dans Strosser (1997) et Kuper (1997).

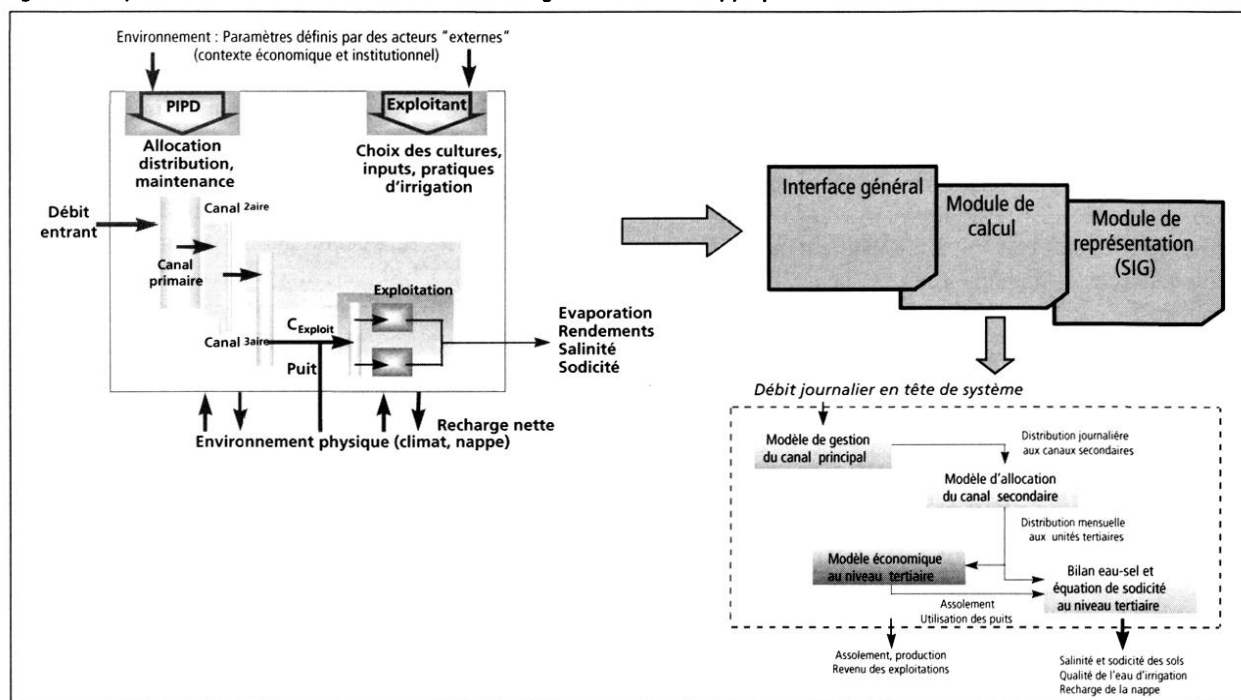
2. De la représentation au modèle intégré INTEGIS, outil d'évaluation des réformes du secteur irrigué au Pakistan

Le choix de cette représentation a été déterminant pour l'organisation d'une recherche interdisciplinaire. La parenté est évidente entre la représentation du système et le modèle intégré final INTEGIS utilisé pour évaluer les futurs possibles du système (figure 2).

La représentation était déjà implicitement guidée par les critères d'évaluation du cahier de charges de l'étude. Une «*matrice de performances*» rassemble des critères économiques (revenus agricoles par exploitant et par ha par exemple) des paramètres environnementaux (évolution de la salinité des sols et de la nappe) et hydrauliques (équité et variabilité mensuelle de la distribution).

Les *objets de recherche propres à chaque domaine et ceux qui étaient aux interfaces* ont été définis. Schématiquement, les objets de recherche spécifiques ont été définis comme ceux relevant, en première approximation, d'un centre de décision principal. Il devenait alors possible de décrire les processus considérés en faisant appel à une discipline «*maîtresse*» et, si besoin, par des disciplines «*annexes*». Deux processus principaux ont ainsi été retenus: (I) la distribution de l'eau par le gestionnaire (PIPD) jusqu'en tête de maille, (II) le choix d'assolement et des pratiques agricoles et d'élevage par les agriculteurs. Deux interfaces ont été identifiées: d'abord l'offre en eau au niveau des exploitations, dépendant de l'offre en tête de maille (responsabilité du gestionnaire), des pompes et des échanges d'eau entre agriculteurs (définis par les agriculteurs); ensuite, le bilan hydrique et salin dans les parcelles irriguées, dépendant de l'offre en tête d'exploitation, de l'allocation de la ressource entre parcelles et variable selon le milieu.

Figure 2. Représentation et structure du modèle intégré *INTEGIS* développé pour la sous division Chishtian



La représentation a ainsi dégagé les *variables structurantes* du système, situées aux interfaces, et les échelles d'espace et de temps communes aux disciplines impliquées. L'allocation mensuelle de l'eau en tête de maille et sa variabilité mensuelle ont été les principales variables structurantes. Certaines modifications des approches disciplinaires ont alors été nécessaires, comme l'adaptation des modèles de simulation à des échelles spatiale et temporelle autres que celles pour lesquelles ils ont été calibrés et validés. Par exemple, le modèle de simulation SWAP, qui permet d'estimer l'évolution de la salinité du sol au niveau de la parcelle agricole, a été adapté pour une utilisation à l'échelle de la maille hydraulique (Kuper, 1997).

La construction d'une *base de données informatisée* a favorisé la circulation de l'information entre les chercheurs. Le recours à un Système d'informations géographiques (SIG) a offert, en outre, des opportunités d'analyse de l'hétérogénéité de la distribution spatiale de différents paramètres au sein du système, d'élaboration d'informations aux échelles souhaitées (agrégation, désagrégation, extrapolation de données), de validation de relations établies sur des zones particulières et de comparaison d'approches disciplinaires. Par exemple l'estimation de l'intensité culturale par télédétection a pu être comparée aux évaluations faites par les modèles économiques agrégés. Cette base de données a facilité les échanges de données entre sous-modèles pour le calcul des indicateurs de performance. Elle a amélioré l'évaluation des interventions envisagées, en fournissant des sorties cartographiques des effets attendus.

La structure du modèle intégré découle directement de la représentation de la sous division Chishtian. Il utilise certains modèles disciplinaires, en l'état ou simplifiés, pour établir la matrice de performances de chaque alternative. Les étapes du passage entre la représentation du système

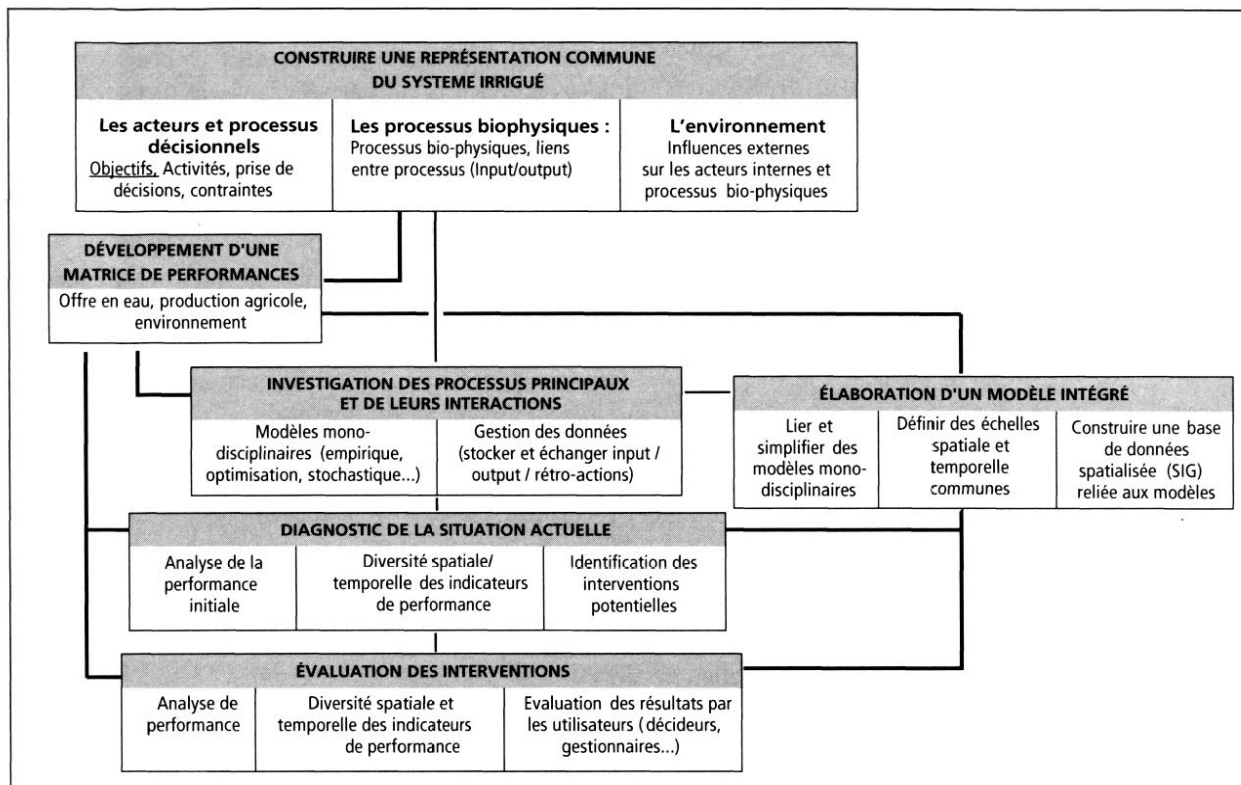
et le modèle intégré sont résumées dans le schéma présentant l'approche intégrée adoptée (cf. figure 3).

3. Quelques résultats: changer les règles de gestion des canaux plutôt que développer des marchés de l'eau

L'analyse de marchés de l'eau potentiels dans le périmètre de Chishtian souligne l'importance des contraintes physiques liées à l'infrastructure existante. Elle révèle cependant l'existence d'un marché de l'eau déjà important entre agriculteurs d'une même maille hydraulique, qui contribue à environ 40 % de la marge brute agricole actuelle sur le périmètre étudié. Ce marché compense en partie des insuffisances notoires de la gestion des canaux qui conduisent à une forte incertitude sur l'offre en eau de canal, tant en quantité moyenne qu'en variabilité des débits. Par contre la mise en place de marchés de l'eau de surface entre unités hydrauliques tertiaires et secondaires aurait un impact économique très faible, compte tenu de l'absence de capacité de stockage et de structures de contrôle et de mesures hydrauliques le long des canaux secondaires et primaires. Ce résultat est contraire à de nombreux écrits sur l'impact économique (théorique et modélisé) de marchés de l'eau (Strosser, 1997).

Partant de la même représentation et en s'appuyant sur le même modèle intégré, il a été démontré qu'une modification des règles d'allocation de l'eau entre unités hydrauliques, respectant les contraintes de fonctionnement et de gestion des ouvrages de régulation, aurait des impacts très bénéfiques sur la salinité des zones les plus dégradées, sans réduction de la productivité agricole des secteurs actuellement les plus favorisés en eau de canal. De même des effets importants seraient obtenus, tant pour la production agricole que pour la maîtrise de la salinité, en modifiant la stratégie de maintenance des canaux secondaires (Kuper, *op. cit.*).

Figure 3. L'approche intégrée développée dans la sous division Chishtian à partir de la représentation simplifiée du sous-système opérant et sous-système décisionnel



Discussion et limites de la représentation choisie

La représentation retenue soulève trois questions principales, auxquelles nous apportons des éléments de réponse :

- Comment justifier les hypothèses de simplification qui ont été faites ?
- L'approche s'est-elle révélée pertinente par rapport à l'objectif d'élaboration d'une méthode prospective et quelle confiance accordée aux résultats obtenus ?
- Comment apprécier les possibilités de généralisation de cette représentation ? Faut-il se cantonner au contexte de gestion étudié ou au type de question abordée, c'est-à-dire les marchés de l'eau et les changements de règles d'allocation ?

Les modalités des réformes envisagées, la finalité de l'étude et les capacités d'analyse des chercheurs ont contribué au choix des indicateurs de la matrice de performances et donné une place privilégiée au flux d'eau et de sels au sein du périmètre au détriment des autres flux (flux de matières organiques, flux d'informations, flux financiers par exemple). Les savoir-faire en modélisation ont orienté l'analyse économique sur les décisions d'assolement, le choix des pratiques et les objectifs de rendement des agriculteurs, alors que les relations informelles entre le département d'irrigation et les irrigants ont été écartées, bien qu'elles soient importantes dans le fonctionnement du périmètre (cf. par exemple Rinaudo *et al.*, 1997). De même, les agriculteurs ont été considérés comme des décideurs autonomes, en négligeant leurs relations socio-

économiques (marchés du crédit, de la terre et de la main-d'œuvre imbriqués, appartenance à des groupes sociaux spécifiques...). Une justification de ces hypothèses simplificatrices passerait par une construction commune de la représentation avec des acteurs internes du système et d'autres experts extérieurs, qui, en quelque sorte, valideraient et contribueraient au choix des composantes à considérer. Dans le cas présent, des restitutions ont été faites à des gestionnaires et décideurs publics sans entraîner de remise en question de la représentation choisie.

Malgré l'intérêt manifesté par des gestionnaires et décideurs publics pour ce type d'approche, les réactions de ces utilisateurs potentiels se sont limitées à des réflexions et des discussions aux cours de restitutions. La critique des marchés de l'eau et les opportunités d'amélioration des règles d'allocation, si elles ont été jugées opportunes par les gestionnaires ne sont pas des indicateurs fiables de la pertinence des conclusions, ces personnes étant elles-mêmes remises en cause par la réforme proposée par les bailleurs. Il n'y a pas eu d'opportunité concrète pour engager une véritable réforme d'un système irrigué en s'appuyant sur les résultats de cette recherche, ce qui ne facilite pas un jugement définitif sur le caractère opérationnel de l'approche. Faute de validation par l'usage, il reste la validation scientifique des travaux, qui renvoie à la validité du modèle intégré issue de la représentation. Si les sous-modèles ont été calés et validés chacun indépendamment selon les procédures habituelles sur quelques situations types, calage et validation du modèle global étaient impossibles à mettre en œuvre sur l'ensemble du

périmètre, du fait du caractère incomplet des informations et du bruit de fond important lié aux simplifications multiples notamment. On signalera cependant une amorce de validation par reconstitution de la diversité spatiale actuelle observée sur une partie du système, après avoir calé les sous-modèles sur l'autre partie (Strosser, op. cité; Kupper, op. cité)

De par son mode d'élaboration par choix successifs, la représentation retenue ne prétend pas à une généralisation systématique au-delà du contexte où elle a été utilisée et pour d'autres types de réformes. Par exemple, elle ne peut servir de cadre d'analyse à l'étude des changements institutionnels comme la délégation de gestion à des associations d'agriculteurs, car il faudrait prendre en compte d'autres processus décisionnels et on ne pourrait négliger certaines interactions entre acteurs. De même il serait inopportun de changer d'échelle, pour aborder par exemple des unités hydrauliques d'un niveau supérieur, où les interférences entre politiques et gestionnaires sont plus cruciales. Par contre rien n'interdit d'utiliser la représentation dans d'autres périmètres du Pakistan, où les processus décisionnels et biophysiques s'organisent de la même manière à quelques ajustements près (en intégrant la nappe si besoin par exemple). D'autres types d'interventions, faisant référence aux mêmes processus de décision et biophysiques, sont analysables à l'aide de cette représentation, par exemple les changements de tarification de l'eau, de politiques de prix des intrants et des produits agricoles, ou les réductions de pertes d'eau par revêtement des canaux.

De nombreuses questions restent en suspens sur l'utilisation opérationnelle d'approches systémiques comparables à celle présentée ici. On peut faire l'hypothèse qu'elles pourraient faciliter l'élaboration d'outils d'aide à la décision et à la négociation autour de la gestion des ressources en eau, avec des applications dans le cadre des Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) par exemple. Pour cela trois questions retiendront plus particulièrement l'attention des chercheurs:

- Quelle méthodologie utiliser pour insérer de telles approches dans un processus de négociation entre acteurs?
- Comment évaluer l'utilité de telles approches dans une situation réelle (quelle méthode, quels indicateurs)?
- Les modifications permanentes de l'environnement physique et socio-politique et des composantes du système étudié (la mise en place de nouvelles politiques foncières ou de prix, les changements climatiques, des rabaissements de la nappe, ou l'implication de nouveaux acteurs dans les processus de gestion par exemple) soulignent l'importance d'une représentation *dynamique* prenant en compte ces modifications. Comment rendre opérationnelle cette mise à jour, avec quels rôles pour les chercheurs et acteurs?

Conclusion

Instrument d'organisation de recherche interdisciplinaire, plate-forme de discussions entre chercheurs, base de développement de modèles intégrés, élément fédérateur entre chercheurs et intervenants dans la gestion de l'eau, sont autant d'éléments en faveur de la construction de représentations des périmètres irrigués pour analyser la gestion de ces systèmes.

Même si les lacunes et les limites des recherches engagées ont été soulignées, l'organisation des investigations à partir d'une représentation commune du système a conduit à un programme d'activités réellement inter-disciplinaires. On peut espérer qu'il a fourni des analyses prospectives plus proches de la réalité et du fonctionnement réel du périmètre irrigué. Dans le domaine de l'eau et de l'environnement, l'analyse systémique et la construction d'une représentation sont vues comme des étapes primordiales permettant d'éviter que la multi-disciplinarité ne se borne à une synthèse de résultats de recherches épars (Jollivet *et al.*, 1992).

Malgré ces atouts, la mise en œuvre de telles démarches systémiques reste laborieuse et les exemples de réalisation concrète sont peu nombreux. En effet, les efforts de simplification pour mieux comprendre la globalité du système vont à l'encontre de la tendance générale vers l'approfondissement des connaissances disciplinaires sur les mécanismes fins de chaque processus. D'où des difficultés de reconnaissance scientifique, aggravées par les difficultés méthodologiques à valider la démarche selon les procédures classiques de modélisation – calage – validation. Cette absence de reconnaissance scientifique est une contrainte importante pour la mobilisation de tous autour de travaux interdisciplinaires et la construction d'une représentation globale en particulier. Comment concilier une évaluation scientifique disciplinaire et la nécessité croissante de «globalisation» pour répondre à une demande sociale complexe et diversifiée?

Le défi est d'autant plus grand pour la recherche que la demande sociale est changeante et que les questions évoluent dans le temps, portant un coup supplémentaire à la représentation globale initiale, si difficilement construite. Pour aborder ces nouveaux points de vue, de nouvelles représentations doivent être élaborées. Cependant, même laborieux, cet effort est nécessaire pour assurer une bonne adéquation entre les questions posées d'une part et les processus analysés d'autre part, et ainsi renforcer la pertinence des résultats de la recherche pour l'identification de politiques appropriées dans le secteur de l'irrigation.

Patrice GARIN, Pierre STROSSER, CEMAGREF, UR Irrigation, Montpellier • **Sophie LAMACQ**, Anjou Recherche, Générale des eaux

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barreteau O. *Un système multi-agents pour explorer la viabilité des systèmes irrigués : dynamique des interactions et mode d'organisation*. Thèse de doctorat de l'ENGREF, 1998.
- Bousquet F., Barreteau O., Weber J. *Systèmes multi-agents et couplage des modèles biophysiques et socio-économiques*. Séminaire CIRAD, Couplage des modèles, 1995, 15 p.
- CIRAD-DSA (Eds). *Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production*. CIRAD-DSA, Actes du III^e séminaire, Montpellier 16-19 déc. 1986, coll. Documents systèmes agraires n° 6, tomes I et II, 633 p.
- Cohen de Lara M., Dron D. *Évaluation économique et environnement dans les décisions publiques*. Courrier de l'environnement de l'INRA, 1998, n° 33, pp. 23-38.
- El-Awad O.M., Gowing J.W., Mawdsley J.A. *An approach to multi-criterion evaluation of irrigation system performance. Principles and a case study in Sudan*. Irr. and Drainage Syst., 1991, vol 5: 61-75.
- Funel J.-M., Laucoin G. *Politiques d'aménagement hydro-agricole*. PUF, col. Techniques vivantes; de l'agences de coopération culturelle et technique, 1980, 212 p.
- Genelot D. *La définition d'un système*. INSEP eds, 1992.
- Gilot L. *L'eau des livres et l'eau des champs : des règles de distribution à leur mise en pratique. Principes généraux et analyse du cas d'Uruqui*. Thèse de doctorat de l'ENSA de Montpellier, soutenue en 1994, 1996, 363 p + annexes.
- Jamin J.-Y. *De la norme à la diversité : L'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'office du Niger (Mali)*. CIRAD, INAPG, thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, 1994, 256 p. + annexes.
- Jollivet M., Pavé A. *L'environnement : questions et perspectives pour la recherche*. Environnement, 1992, n° 6, 5-29.
- Kuper M. *Irrigation management strategies for improved salinity and sodicity control*. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, 1997.
- Le Moigne J.-L. *La théorie du système général*. Dunod Éditeur, 1994.
- Merkley G. *Proposed development of a planning distribution model*. Utah State University. Ministry of Public Works and Water resources, Le Caire, Égypte, 1993.
- Molden D.J., Gates T.K. *Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems*. ASCE J. of Irr. and Drainage Eng, 1990, 116 (6): 804-823.
- Molle F., Ruf T. *Éléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués*. Recherches-système en agriculture et développement rural, 1994, pp. 114-118.
- Rey J. *Apport de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués : comment mieux piloter la production ?* Thèse de Doctorat de l'école nationale supérieure des Mines de Paris, Centre de gestion scientifique, 1996, 177 p.
- Rieu T., Gleyses G. *Évaluation socio-économique d'un projet d'irrigation et études prospectives de la demande en eau*. La Houille Blanche, 1993, 2-3, pp. 119-125.
- Rinaudo J.D., Thoyer S., Strosser P. *Rent-seeking behavior and water distribution: the example of a southern Punjab irrigation scheme, Pakistan*. In: Kay M.; Franks, T. and L. Smith (eds.), *Water: Economics, Management and Demand*, E et FN Spon, London, 1997.
- Small L.E., Svendsen M. *A framework for assessing irrigation system performance*. Irrigation and Drainage Systems, 1990, 4: 283-312.
- Strosser P. *Analyzing alternative policy instruments for the irrigation sector – An assessment of the potential for water market development in the Chishtian Sub-division*. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, 1997.