

Développement régional, dynamiques sociales et territoriales

Une démarche de conseil pour améliorer la gestion stratégique des périmètres irrigués collectifs du Nordeste (Brésil)

Erwin De Nys¹
Raphaële Ducrot²
Pierre-Yves Le Gal³
Eldonice Rocha-Barros⁴
Carlos Alberto Pereira Mouco⁵
Anne Chohin-Kuper⁶

¹ Rue de l'ascencion, 30
1210 Bruxelles Belgique
<erwin.denys@mail.com>

² Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement (Cirad)-Territoires,
ressources, acteurs (Tera),
IEA/USP,
Av. Prof. Luciano Gualberto,
908 – Traversa J,
05 508-900 Sao Paulo SP,
Brésil
<ducrot@cirad.fr>

³ Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement (Cirad)-Territoires,
ressources, acteurs (Tera),
TA 60/15,
34398 Montpellier cedex 5
<pierre-yves.le_gal@cirad.fr>

⁴ Universidad estadual da Bahia (Uneb),
Rua dos Ingleses, 346,
CEP 48900.000,
Juazeiro BA,
Brésil
<edobarros@zaz.com.br>

⁵ Companhia de desenvolvimento dos Vales
do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf),
CEP 48.901-900,
Juazeiro BA,
Brésil
<codevasf6sr.dpl@zaz.com.br>

⁶ 3 bis, rue Jugan,
34 000 Montpellier
France
<anne.chohin-kuper@menara.ma>

Résumé

Les périmètres irrigués collectifs posent des problèmes complexes de gestion, nécessitant des démarches d'intervention adaptées. Cet article présente une approche fondée sur les apports des sciences de gestion. Elle part d'un cadre général de représentation du fonctionnement des périmètres irrigués, mettant l'accent sur deux fonctions centrales : la gestion de l'eau et la tarification du service rendu aux agriculteurs. Elle a été appliquée au périmètre de Maniçoba (région de Petrolina-Juazeiro), caractérisé par une évolution dynamique mais incertaine de son environnement et de ses systèmes de production. Des outils de simulation et un jeu de rôle ont été élaborés pour réfléchir à des scénarios alternatifs concernant l'organisation des interactions offre-demande en eau et le choix de systèmes tarifaires. Les réactions des acteurs aux simulations réalisées sont présentées, de même que les enseignements tirés en termes de validation et de mise en œuvre de la démarche.

Mots clés : systèmes agraires ; formation.

Abstract

A decision-support approach for improving the strategic management of collective irrigation schemes in the Brazilian Nordeste

The management of collective irrigation schemes raises complex issues regarding water management and choice of water pricing. Several approaches have been suggested to tackle these issues, such as systemic analysis or participatory appraisal methods. This paper shows how an approach based on management sciences and intervention-research was used with the Maniçoba scheme in the Petrolina-Juazeiro area. This case is characterized by a management transfer from a parastatal agency to a water users association called district. This newly-established manager has faced major uncertainties that put the scheme viability at risk. Perennial crops have progressively replaced annual crops, altering farmers' water demand. Both payment defaults and an inadequate water pricing system impact on the district financial balance. The approach aims at helping the scheme manager address strategic issues rather than make mere daily operation adjustments. Based on a conceptual framework of collective irrigation scheme management, it focuses on: (i) interactions between water supply and demand; and (ii) choice of water pricing system. In both cases simulation tools have been developed to support prospective reflection by simulating and comparing alternative scenarios. WADI calculates the water supply-demand ratio according to changes in hydraulic infrastructure and water management rules, while a second spreadsheet program calculates the impact of water pricing on farmers' incomes and managers' budget. Various ways of improving the small-scale farmers' water supply were compared, e.g. by implementing night irrigation and individual reservoirs. Alternative water pricing systems were simulated in order to increase the managers' revenues and to secure coverage of their fixed expenses. It included optional contracts adjusted to different farm types. A role playing game was then organized to improve the stakeholders' understanding and to stimulate discussions regarding the choice and the payment of water pricing. This approach provides a relevant framework both to understand current scheme operation and to support stakeholders' prospective reflection. But it needs further research regarding the assessment of their assumed learning processes.

Key words: farming systems; training.

Tirés à part : P.-Y. Le Gal

Les périmètres irrigués sont des systèmes complexes, associant une ressource en eau, des équipements hydrauliques, un foncier cultivé et des acteurs. Ceux-ci se décomposent en trois types : les agriculteurs bénéficiaires du service de l'eau, le gestionnaire du périmètre et des opérateurs extérieurs (prestataires de service, aval des filières, pouvoirs publics). La pérennité des périmètres irrigués dépend de la capacité de leurs gestionnaires à maintenir les équipements, équilibrer leurs comptes en percevant une redevance hydraulique, résoudre les conflits internes et préserver les ressources en eau et en sol. Les choix à réaliser sont difficiles, *a fortiori* dans la phase actuelle de transfert de gestion vers des associations d'usagers de l'eau. Comment aider les gestionnaires, qu'ils soient associatifs, publics ou privés, à améliorer leurs processus de décision et leurs performances dans une perspective de coordination avec les agriculteurs ?

De nombreuses démarches et expériences abordent cette question. Certaines font appel à l'approche systémique pour décrire le fonctionnement des périmètres et déterminer leurs points de blocage et leurs marges de manœuvre [1]. Des approches institutionnalistes énoncent une série de principes nécessaires à l'efficacité des coordinations internes aux périmètres [2]. Les démarches participatives sont fréquemment utilisées pour construire l'interaction entre intervenants extérieurs et gestionnaires dans une perspective d'aide au changement [3].

Cet article présente une démarche alternative, fondée sur les apports des sciences de gestion. Elle vise à aider les gestionnaires à concevoir et mettre en place de nouvelles formes d'organisation, afin de résoudre les problèmes stratégiques auxquels ils se trouvent confrontés face à la double incertitude des comportements individuels des agriculteurs et des évolutions de leur environnement. Après en avoir présenté les bases théoriques, nous illustrerons son utilisation sur le périmètre de Maniçoba situé à une vingtaine de kilomètres de Juazeiro (Bahia) sur la rive droite du rio São Francisco. Nous terminerons en discutant des intérêts et limites de la démarche face aux enjeux de gestion relevés.

Fondements de la démarche : sciences de gestion et recherche-intervention

Notre démarche se situe à l'articulation entre sciences de gestion et recherche opérationnelle. Les sciences de gestion s'intéressent à l'action collective au sein des entreprises. Elles en donnent une vision dynamique, centrée autour des interactions entre la forme des organisations et les outils de gestion d'une part, et les savoirs détenus par les acteurs et leurs relations au sein de l'organisation, dont les dispositifs de coordination mis en place pour parvenir à un résultat, d'autre part [4]. La recherche opérationnelle a pour objet la conception d'outils permettant d'éclairer les décideurs dans leurs choix. De nombreux travaux, dont on trouvera des exemples dans le domaine de l'irrigation [5] ou la gestion des bassins d'approvisionnement [6], mettent au point des techniques de calcul visant à définir la solution optimale à un problème donné. D'autres approches considèrent que la complexité des situations de gestion rend illusoire la définition d'un optimum mathématique [7]. L'aide à la décision devient alors une aide à l'apprentissage des acteurs pour se forger des représentations communes d'une situation, explorer des voies possibles d'évolution ou accompagner un changement [8]. Dans cette perspective, les outils de gestion ne se limitent plus à des cadres rationnels, auxquels doivent se conformer les organisations, mais deviennent des outils d'investigation des fonctionnements organisationnels, de pilotage des mutations ou d'exploration du nouveau [9].

Pour traiter ces questions dans les entreprises, les chercheurs utilisent un dispositif formalisé de recherche-intervention [10, 11]. Il s'agit de construire une « interaction continue et instrumentée » entre chercheurs et acteurs autour d'une demande exprimée par l'organisation. Les outils de gestion occupent une place centrale dans ce dispositif, tant pour faciliter la construction de représentations communes des situations étudiées que pour stimuler les dynamiques de changement dans lesquelles s'inscrivent acteurs et intervenants. Ils doivent respecter certains principes, notamment être transpa-

rents et intelligibles pour être évaluables par les acteurs [12].

Sur cette base théorique et méthodologique, nous avons expérimenté une démarche de conseil sur le périmètre de Maniçoba articulante trois dimensions : l'analyse du fonctionnement du périmètre, la conception d'outils de simulation spécifiques aux problèmes stratégiques soulevés, la discussion de scénarios d'évolution du périmètre. Ces activités n'ont pas été conduites linéairement, mais ont interagi durant les quatre années de l'intervention (1999-2002).

Un gestionnaire confronté à un ensemble d'incertitudes

En 2001, le périmètre de Maniçoba comprenait 4 900 hectares, attribués pour 42 % à des petites exploitations familiales (*colonos*) cultivant des lots de 6 à 12 hectares chacune, et pour 58 % à des entreprises agricoles (*empresas*) de 50 à 100 hectares. L'eau est pompée dans le rio São Francisco à partir d'une station électrique et distribuée gravitairement aux utilisateurs par un ensemble de canaux revêtus. La conception initiale du périmètre repose sur : (i) une gestion étatique de l'infrastructure hydraulique collective ; (ii) un tarif de l'eau subventionné ; (iii) des systèmes de production basés sur des cultures à cycle court ; et (iv) une ressource abondante en eau. L'évolution du contexte extérieur a remis en question cette organisation, en créant un ensemble d'incertitudes auxquelles gestionnaire et producteurs doivent s'adapter.

Un cadre général de représentation du fonctionnement des périmètres irrigués

Pour étudier cette dynamique et déterminer les problèmes stratégiques auxquels se trouvent confronté le gestionnaire, nous sommes partis d'un cadre générique du fonctionnement des périmètres irrigués [13]. Ce cadre est structuré autour des relations entre les trois types d'acteurs mentionnés plus haut et deux

fonctions principales du point de vue du gestionnaire. La fonction hydraulique constitue l'essence même du périmètre, vu comme fournisseur d'un service de l'eau. Elle comprend, d'une part, la distribution de l'eau du réseau collectif vers les agriculteurs individuels et, d'autre part, la maintenance des ouvrages et canaux afin d'assurer une certaine qualité de service dans la durée. Elle pose une première question stratégique : comment s'organisent les interactions entre offre en eau du gestionnaire et demandes en eau des agriculteurs, sachant que la conception des infrastructures hydrauliques impose certaines contraintes face à une demande évoluant avec les assolements et les pratiques d'irrigation des agriculteurs ?

La gestion du réseau génère des coûts de fonctionnement (énergie, salaires, entretien courant) et d'investissement (renouvellement périodique des équipements) que le gestionnaire doit couvrir pour assurer la pérennité de son activité. Pour ce faire, il met en place un système tarifaire qui prendra des formes variant selon leur structure, leur assiette et leur montant [14]. Cette dimension économique pose une deuxième question stratégique, source fréquente de tensions entre le gestionnaire et ses clients agriculteurs [15, 16] : comment est adapté le système tarifaire, en fonction de l'évolution des coûts de court et moyen terme du gestionnaire, des choix des agriculteurs en matière de système de production, de leurs performances techniques (rendements) et économiques (revenus), des caractéristiques quantitatives et qualitatives de la ressource en eau ?

Une évolution du périmètre génératrice d'incertitudes

Depuis sa création en 1981, le périmètre de Maniçoba connaît un ensemble de changements aux plans institutionnel, technique et économique. La gestion a été transférée d'une agence paraétatique, la Codevasf (Companhia de desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba) vers un district contrôlé par un conseil d'administration composé de représentants des irriguants et de l'État et géré par des professionnels salariés. Le district est chargé de l'opération et de la maintenance de l'infrastructure collective et doit atteindre l'autonomie financière en mettant en place un système adéquat de tarification de l'eau.

La tarification appliquée comprend une partie fixe assise sur la superficie aména-

gée des exploitations et une partie variable qui est fonction de leur consommation en eau. Le gestionnaire est confronté à deux types de problèmes : des impayés structurels de la part de certaines exploitations, et des difficultés à définir les montants respectifs des parties fixe et variable. La Codevasf souhaite voir la majorité des charges fixes (salaires, maintenance, frais généraux) incluse dans la partie fixe, mais le district tend à alourdir la partie variable, sous la pression des agriculteurs. Ceux-ci peuvent ainsi moduler leur facture totale en adaptant leur consommation à leurs assolements et à la pluviosité. En contrepartie, les recettes du district sont plus incertaines, notamment en cas d'année pluvieuse, et les charges d'entretien ne sont pas nécessairement couvertes. Cette tendance est aggravée par la sous-évaluation des besoins en maintenance et en renouvellement des équipements, la propriété des infrastructures n'ayant pas été formellement transférée avec les responsabilités de gestion.

Au plan hydraulique, le gestionnaire rencontre plusieurs difficultés pour réorganiser son offre en eau face à l'augmentation progressive de la demande en eau. Celle-ci a évolué avec l'émergence de nouvelles filières, conduisant à la prédominance des cultures fruitières et industrielles (semi)-pérennes dans les assolements [17]. En modifiant les besoins en eau des cultures cette évolution entraîne des risques d'incompatibilité entre la conception initiale de l'offre en eau et les demandes des irriguants. Ces dernières sont par ailleurs diverses et mal connues du gestionnaire, faute d'informations sur les assolements et les pratiques d'irrigation. Enfin, la ressource en eau du fleuve est devenue plus aléatoire, du fait de la compétition croissante en saison sèche entre les besoins de l'agriculture irriguée et des centrales hydroélectriques installées le long du rio São Francisco. Le gestionnaire peut alors se voir imposer des quotas de prélèvement.

Ces évolutions se combinent pour rendre la qualité du service de l'eau plus incertaine. Les petits producteurs répondent avec des succès variables aux exigences des nouvelles filières, aussi bien en termes d'investissement que de cahier des charges techniques. Leurs stratégies comme leurs niveaux de revenu se sont donc progressivement diversifiés, avec des risques de non-paiement de la redevance. Le district s'endette, reporte des dépenses d'entretien pour équilibrer son budget, et ne peut plus garantir le service

rendu au niveau planifié. Comment faire évoluer la gestion du périmètre (organisation de l'offre en eau et système tarifaire) pour résoudre ce problème face à une demande évolutive et diversifiée des agriculteurs ?

Conception d'outils de simulation

Pour répondre à cette question, nous avons fondé le processus d'aide à la décision sur la conception d'outils de simulation simples, développés sur tableur et ciblés sur un thème précis. Nous avons évité de recourir à des techniques informatiques sophistiquées telles que la simulation multiagent, parfois utilisée dans une perspective de recherche sur des problèmes similaires [18], ou à des outils intégrant des questions certes liées, mais relevant de composantes différentes de la gestion du système irrigué (planification et pilotage de l'irrigation par exemple) [19]. L'outil de simulation des interactions entre offre et demande en eau, prénommé WADI (*Water Delivery for Irrigation*), est structuré autour de plusieurs modules interconnectés. Un module reproduit la structure du réseau, depuis la station de pompage jusqu'aux prises des agriculteurs, en passant par les différents nœuds de distribution de l'eau et d'éventuels réservoirs de stockage. Un second module fournit pour chaque composant ses caractéristiques hydrauliques et les règles de gestion définissant les volumes d'eau transférables ou stockables. Le module « demande en eau » calcule le volume d'eau nécessaire en fonction de l'assolement de l'exploitation et des pratiques d'irrigation des agriculteurs. Ceux-ci sont regroupés en types homogènes pour tenir compte de leur diversité sur un même périmètre. Le modèle simule et compare offre et demandes en eau aux différents points du réseau. Il calcule *in fine* un taux de couverture des demandes par l'offre et un taux d'utilisation globale de l'offre potentielle [20].

L'outil d'aide au choix tarifaire met en relation trois modules. Le premier reproduit la fonction de coût du gestionnaire, en distinguant classiquement les dépenses en capital, maintenance et fonctionnement. Le deuxième reproduit la fonction de revenu des exploitations agricoles, intégrant dépenses et recettes agricoles, y compris le coût du service de

l'eau. Le module tarifaire relie les deux précédents. Il permet de définir une structure tarifaire, les postes et les montants des dépenses affectés à chaque composante du tarif, et de calculer la redevance hydraulique propre à chaque agriculteur. Le modèle calcule le taux de paiement de la redevance par les agriculteurs et le taux de couverture des dépenses du gestionnaire [21]. Comme dans le cas précédent, la diversité des agriculteurs en matière de revenus et de réactions à un tarif donné est représentée à l'aide d'une typologie des exploitations par périmètre.

Simulation et discussion de scénarios alternatifs d'organisation

La démarche est utilisée avec des groupes de discussion, composés de membres du district, de représentants des irriguants et de conseillers techniques. Ces groupes participent tant à la phase analytique de l'existant (validation des diagnostics élaborés) qu'à la conception de scénarios alternatifs et à leur évaluation. L'intervention s'est d'abord focalisée sur l'organisation de la gestion de l'eau puis, à la demande des acteurs, s'est intéressée au système tarifaire.

Interactions offre-demande en eau

WADI a été utilisé pour explorer comment les demandes en eau croissantes des petits producteurs pourraient être couvertes par une distribution de nuit couplée à la microaspersion et à la mise en place de réservoirs individuels. Cette solution intéresserait potentiellement un tiers des exploitations familiales.

- Les scénarios de demande comprennent : (i) la situation actuelle (100 % des producteurs en irrigation gravitaire de jour) ; (ii) 30 % de producteurs en irrigation de nuit ; et (iii) les scénarios précédents, en considérant une augmentation de la demande totale en eau de 10 %.
- Les scénarios d'offre combinent trois paramètres : (i) les horaires quotidiens de pompage et de distribution d'eau ; (ii) la déviation éventuelle vers les petits pro-

ducteurs de volumes d'eau théoriquement destinés aux entreprises agricoles, par un *by-pass* ; et (iii) le nombre de jours de pompage par semaine.

Les simulations ont démontré que l'offre de jour correspondant à 12 heures de pompage par jour, 7 jours par semaine, serait saturée si la demande en eau augmentait de 10 % en irrigation gravitaire. La mise en route d'une pompe supplémentaire la nuit, à raison de 6 heures par nuit, 6 jours par semaine, permettrait de couvrir la demande des 30 % de producteurs intéressés. En revanche, une déviation de volumes d'eau serait nécessaire si la demande augmentait de 10 %.

La discussion autour des divers scénarios d'offre en eau a permis d'explorer les limites de l'offre par rapport à l'évolution possible de la demande, et de faire le lien avec les questions organisationnelles et financières que pose le service assuré par le district. Les techniciens, comme les agriculteurs, ont reconnu que la demande pouvait être réduite en améliorant la maîtrise de l'irrigation sous aspersion, en précisant les référentiels sur les besoins en eau des cultures et en tenant mieux compte des apports de la nappe souterraine. Les aiguadiers se sont préoccupés des changements qu'occasionneraient la microirrigation dans la conception et la flexibilité des tours d'eau par rapport au système en place. Gestionnaires et agriculteurs se sont enfin interrogés sur l'intérêt de prendre en compte la diversité des demandes en eau dans la définition du système tarifaire.

Choix d'un système tarifaire

Des scénarios ont alors été construits pour comparer des systèmes tarifaires différenciant par l'équilibre entre parties fixe et variable et par leur structure (tarifs optionnels) [22]. La diversité économique des exploitations a été représentée par une typologie fondée sur des critères de taille et d'assolement (place des cultures fruitières). Les options proposées correspondent à différentes demandes en eau, avec des débits et horaires d'irrigation calés selon chaque type (*tableau 1*). Leurs montants sont calculés de façon à maximiser la couverture des dépenses du gestionnaire tout en assurant une meilleure couverture des charges fixes.

La comparaison des systèmes tarifaires simulés avec la tarification en vigueur montre que les arbitrages opérés entre parties fixe et variable n'ont pas d'influence notable sur les factures payées par les agriculteurs, à l'exception de certains types d'entreprises (*figure 1*). La tarification optionnelle limite le montant des factures pour la plupart des exploitations familiales, dès lors qu'elles choisissent un contrat adapté à leur situation. Certaines entreprises se trouvent en revanche fortement désavantagées. Ces résultats mériteraient d'approfondir la caractérisation des options proposées, d'autant que la recette du gestionnaire, tout en étant maximale dans ce cas, est encore loin d'être totalement recouverte (*figure 2*).

Tableau 1. Définition des scénarios.

Table 1. Definition of the scenarios.

	K2 fixe (R\$/ha)	K2 variable (R\$/1 000 m ³)	Partie des recettes assurées par K2 fixe (%)	K2 variable (%)
Tarif actuel	4	18	15	85
Tarif calculé	15	11	60	40
Tarif intermédiaire	8	18	30	70

Contrat	Débit (L/s)	Heures d'irrigation par jour	Jour d'irrigation par semaine	Prix (R\$/mois)	Période d'irrigation	Type exploitation ^a
1	30	8	2	160	Jour	C1b, C2b, C3b
2	30	10	2	230	Jour	C1a, C2a (70%)
3	30	10	2	180	Nuit	C3a, C2a (30%)
4	30	10	6	775	-	E1a, E1b
5	100	10	6	2 450	-	E2, E3

^a C : exploitation ; E : entreprise ; R\$: réal.

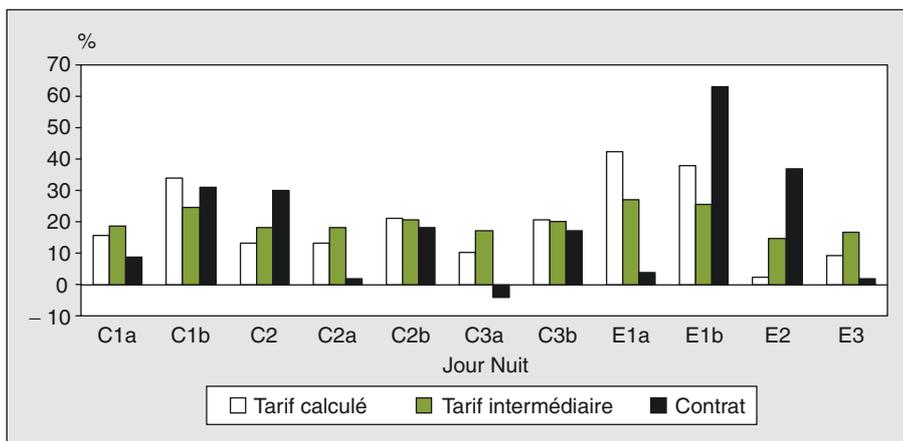


Figure 1. Variation de la redevance simulée par rapport à la redevance en vigueur selon les tarifs et les types d'exploitation.

Figure 1. Ratio between the simulated water cost and the current water cost for various water pricing and farm types.

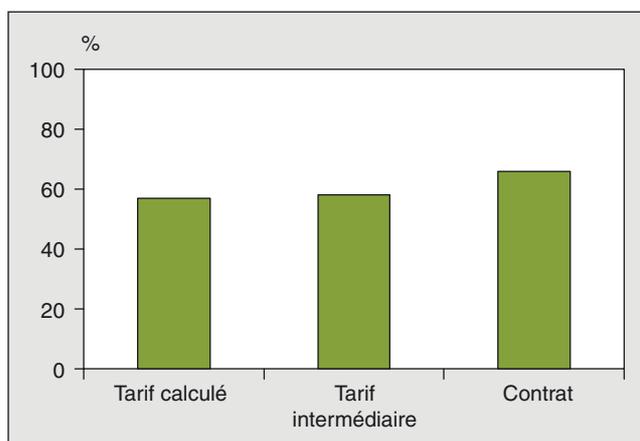


Figure 2. Taux de couverture du budget du gestionnaire par les recettes tirées de la redevance.

Figure 2. Proportion of the scheme budget covered by water bills.

Malgré la relative simplicité de l'outil, gestionnaires et agriculteurs ont eu des difficultés pour comprendre les conséquences des propositions tarifaires sur leur propre situation. C'est pourquoi ces relations ont été reproduites dans le cadre virtuel et simplifié d'un jeu de rôle afin de faciliter leur discussion et la diffusion des résultats. Ce jeu simule l'interface entre irriguants et districts autour de la gestion financière d'un périmètre, l'élaboration d'un tarif et le paiement des factures d'eau. Lors des deux sessions réalisées, les discussions ont porté non seulement sur la structure et les modalités de calcul du tarif, mais aussi sur les relations entre district et irriguants et sur la place de ces derniers dans le fonctionnement du dis-

trict. Le jeu a été perçu comme un instrument de représentation et de simplification de la réalité, dans lequel les acteurs peuvent se projeter sans difficulté, même s'il diffère de leur vécu. Il présente un intérêt comme cadre de diagnostic des problèmes de gestion d'un périmètre et de simulation de solutions alternatives, et comme support d'apprentissage vis-à-vis de la compréhension de ces problèmes.

Conclusion

La démarche utilisée à Maniçoba répond bien aux objectifs recherchés, à savoir :

comprendre une réalité et fournir des outils pour l'action, tout en ne s'enfermant pas dans des principes normatifs ou dans la recherche de solutions optimales. La simulation permet de multiplier les scénarios, d'objectiver leurs conséquences sur le fonctionnement du périmètre, et d'approfondir les liens avec d'autres composantes du système qui ne sont pas incluses dans la modélisation. De nouveaux domaines d'intervention apparaissent alors, tels que la gestion de l'information au sein du périmètre ou l'impact des filières sur les revenus des agriculteurs et donc du gestionnaire.

La validation de cette démarche de recherche en intervention, utilisant des objets de médiation dans des processus de concertation, mérite néanmoins réflexion sur sa capacité à représenter le réel et à aider à la prise de décision. Les modèles sont par définition des représentations simplifiées de la réalité, et les décisions sont prises sous l'influence de nombreux facteurs, dont certains sont exclus de la modélisation. Le problème change de nature si l'on considère l'aide à la décision comme une aide à l'apprentissage collectif et à la conception de nouvelles formes d'organisation [23]. La démarche est alors évaluée dans sa capacité à fournir une image intelligible et partagée de la réalité, et des informations nouvelles susceptibles d'alimenter la discussion entre les acteurs. Mais comment évaluer les apprentissages supposés ? Faut-il mettre en place un processus formalisé de suivi-évaluation depuis l'état initial, faire intervenir un tiers observateur ? Que doit-on évaluer ? La participation des paysans, la négociation d'un accord, l'évolution des représentations sur le système ou des relations entre acteurs ? Ces questions méritent des recherches complémentaires pour mieux préciser l'intérêt de la démarche.

Enfin les recherches-interventions se conçoivent dans la durée, si l'on veut asseoir la légitimité et la crédibilité des intervenants tout en conduisant le processus d'allers-retours entre conception-révision des scénarios, simulations et restitutions-discussions. Elles supposent une formalisation du partenariat entre l'institution scientifique et les professionnels qui s'y engagent. Elles nécessitent des chercheurs pouvant à la fois formaliser le fonctionnement des organisations, identifier et éclairer les problèmes posés, et tirer des connaissances génériques sur les démarches, les outils et les processus de gestion des organisations. ■

Remerciements

Nous remercions les lecteurs anonymes de la revue pour leurs commentaires qui nous ont permis d'améliorer notre article.

Références

1. Molle F, Ruf T. Eléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués. In : *Recherches-système en agriculture et développement rural*. Montpellier : Cirad éditions, 1994 : 114-8.
2. Ostrom E. *Crafting institutions for self-governing irrigation systems*. San Francisco : ICS Press, 1992 ; 111 p.
3. Gosselink P, Thompson J. *Application of participatory rural appraisal methods for action research on water management*. Colombo : International Water Management Institute (IWMI), 1997 ; 30 p.
4. Hatchuel A. Quel horizon pour les sciences de gestion? Vers une théorie de l'action collective. In : David A, Hatchuel A, Laufer R, eds. *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*. Paris : Vuibert-Fnege, 2000 : 7-43.
5. Bergez JE, Garcia F, Lapasse L. A hierarchical partitioning method for optimizing irrigation strategies. *Agric Sys* 2004 ; 80 : 235-53.
6. Higgins AJ. Optimizing cane supply decisions within a sugar mill region. *J Sched* 1999 ; 2 : 229-44.
7. Le Moigne JL. Intelligence artificielle et raisonnement économique. *Monde en Développement* 1990 ; 18 : 11-8.
8. Roy B. Science de la décision ou science de l'aide à la décision? *Revue Internationale de Systémique* 1992 ; 6 : 497-529.
9. Moisdon J-C. Introduction générale. In : Moisdon JC, ed. *Du mode d'existence des outils de gestion*. Paris : Seli Arslan, 1997 : 7-44.
10. Moisdon JC. *Recherches en gestion et intervention*. *Revue Française de Gestion*, 1984 : 61-72.
11. David A. La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management? In : David A, Hatchuel A, Laufer R, eds. *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*. Paris : Vuibert-Fnege, 2000 : 193-213.
12. Thepot J. La modélisation en sciences de gestion ou l'irruption du tiers. *Revue Française de Gestion* 1995 ; 102 : 66-70.
13. Le Gal PY. De nouvelles démarches d'intervention pour améliorer la gestion des périmètres irrigués tropicaux. *Cr Acad Afric Fr* 2002 ; 88 : 73-83.
14. Montginoul M, Rieu T. Instruments économiques et gestion de l'eau d'irrigation en France. *Houille Blanche* 1996 ; 8 : 47-54.
15. Gleyses G, Loubier S, Terreaux JP. Les coûts de l'eau d'irrigation. Méthode et comparaisons selon les modes de prélèvements. In : Garin P, Le Gal PY, Ruf T, eds. *La gestion des périmètres irrigués collectifs*. Montpellier : Centre d'études du machinisme agricole, des eaux et des forêts (Cemagref) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) ; Institut de recherche pour le développement IRD, 2002 : 155-67.
16. Dinar A, Subramanian A. *Water pricing experiences: an international perspective*. Technical Paper n°386. Washington (DC): World Bank, 1997 ; 164 p.
17. Ducrot R, Le Gal PY, Morardet S, Jehan C, De Nys E. Transitions institutionnelles et agricoles dans les périmètres irrigués du pôle Petrolina-Juazeiro (Brésil). D'une logique sociale vers une logique managériale. In : Garin P, Le Gal PY, Ruf T, eds. *La gestion des périmètres irrigués collectifs*. Montpellier : Centre d'études du machinisme agricole, des eaux et des forêts (Cemagref) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) ; Institut de recherche pour le développement IRD, 2002 : 109-23.
18. Barreteau O, Bousquet F, Millier C, Weber J. Suitability of multi-agent simulations to study irrigated system viability : application to case studies in the Senegal river valley. *Agric Sys* 2004 ; 80 : 255-75.
19. Mateos L, López-Cortijo I, Sagardoy JA. SIMIS : the FAO decision support system for irrigation scheme management. *Agric Sys* 2002 ; 56 : 193-206.
20. De Nys E. *Interaction between water supply and demand in two collective irrigation schemes in North-East Brazil. From analysis of management processes to modelling and decision support*. Leuven : Katholieke Universiteit Leuven, 2004 ; 207 p.
21. Le Gal PY, Rieu T, Fall C. Water pricing and sustainability of self-governing irrigation schemes. *Irrigation and Drainage Systems* 2003 ; 17 : 213-38.
22. Le Gal PY, Rieu T, Roberto G, Fall C, De Nys E. Apports de la simulation pour l'aide au choix d'un système tarifaire sur les périmètres irrigués. In : Garin P, Le Gal PY, Ruf T, eds. *La gestion des périmètres irrigués collectifs*. Montpellier : Centre d'études du machinisme agricole, des eaux et des forêts (Cemagref) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) ; Institut de recherche pour le développement IRD, 2002 : 265-80.
23. Hatchuel A. Apprentissages collectifs et activité de conception. *Revue Française de Gestion* 1994 ; 99 : 109-20.