

La gestion des périmètres irrigués collectifs



Cemagref ■ Cirad ■ Ird

Actes de l'atelier du Pcsi
22-23 janvier 2001
Montpellier, France

La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI^e siècle

Enjeux, problèmes, démarches

Patrice GARIN, Pierre-Yves LE GAL, Thierry RUF

Editeurs scientifiques

Actes de l'atelier du Pcsi

22-23 janvier 2001

Montpellier, France

Cemagref, Cirad, Ird

P. Garin, P.Y. Le Gal, Th. Ruf (éditeurs scientifiques), 2002. La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI^e siècle, enjeux, problèmes, démarches. Actes de l'atelier, 22-23 janvier 2001, Montpellier, France. Pcsi, Cemagref, Cirad, Ird, Montpellier, France, Colloques, 280 p.

© Cirad, 2002

ISBN : 2-87614-480-8

ISSN : 1264-112X

Sommaire

Introduction

P. GARIN, P.-Y. LE GAL, TH. RUF.....	5
--------------------------------------	---

Thème 1. Institutions et gestion.....9

L'irrigation abordée sous l'angle de la gestion communautaire de biens communs. Cadre conceptuel et méthode d'approche des conflits entre parties prenantes. TH. RUF.....	11
La gestion des périmètres irrigués. Méthodologie de diagnostic : cas d'un transfert de gestion : les associations d'usagers du périmètre du N'Fis (office du Haouz, Maroc). G. JOLLY	25
Nouveau rôle de l'Etat dans la gestion des périmètres publics irrigués. Soutien aux associations d'irrigants, exemple du delta de la Medjerda, Tunisie L.R. BAUDU.....	47
Gestion du système hydraulique de l'Office du Niger : évolutions récentes et perspectives I. KEITA, J.-F. BELIERES, S. SIDIBE	65

Thème 2. Les coordinations entre acteurs dans un environnement incertain83

L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur les choix stratégiques des agriculteurs. Lecture des choix d'assolement d'un périmètre irrigué en Tunisie N. FAYSSE	85
Transitions institutionnelles et agricoles dans les périmètres irrigués du pôle Petrolina-Juazeiro (Brésil). D'une logique sociale vers une logique managériale R. DUCROT, P.-Y. LE GAL, S. MORARDET, C. JEHAN, E. DE NYS.....	109
Analyse et modélisation de la relation entre offre et demande en eau sur deux périmètres irrigués au Brésil E. DE NYS, P.-Y. LE GAL, D. RAES.....	125

Thème 3. Tarification et durabilité des aménagements139

Les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des associations syndicales autorisées. Une gestion optimale non durable S. LOUBIER.....	141
Le coût de la distribution de l'eau. Méthode et application à l'irrigation G. GLEYES, S. LOUBIER, J.-P. TERREAUX	155
Stratégies de financement soutien public et revenu des irrigants S. LOUBIER.....	169
Apports de la simulation pour l'aide au choix d'un système tarifaire sur les périmètres irrigués P.-Y. LE GAL, TH. RIEU, R. GARCIA, CH. FALL, E. DE NYS	265*

* Suite à un problème technique, cette communication se trouve en fin d'ouvrage.

Les externalités positives dans les systèmes irrigués rizicoles des tropiques humides et la question des usages et tarification de l'eau D. RENAULT, M. MONTGINOUL	181
Thème 4. Des systèmes d'informations : pour qui et pour quoi faire ?	193
Conséquences de la tutelle publique sur les systèmes d'information des associations d'irrigants en France Y. LUNET DE LAJONQUIERE, P. GARIN, S. LOUBIER	195
Conception et mise en place d'un système d'information dédié à la maintenance des réseaux hydrauliques à l'Office du Niger (Mali) P.-Y. LE GAL, M. PASSOUANT, M. FAMANTA, J.-F. BÉLIÈRES	211
Le Sirs-Sols du périmètre irrigué de Cébala (Basse vallée de la Mejerda, Tunisie). Un système d'information pédologique spécialisé pour la modélisation agronomique. E. BRAUDEAU, A. LOUKIL, C. ZIDI, C. DEROUICHE, M. NIANG, M. HACHICHA, H. BELOUCHETTE, D. DECLUSEAU, A. M TIMET.....	225
Un territoire irrigué, des acteurs dans un environnement en mutation. L'exemple de la zone de <i>Santa Rosa Pilahuin</i> en Equateur M.-J. VALONY.....	247
Conclusion SIDI MOHAMED SECK	261

Introduction

Patrice GARIN, Pierre-Yves Le GAL, Thierry RUF

Le comité scientifique

L'agriculture irriguée concerne 235 millions d'hectares (un cinquième des terres cultivées) et contribue pour la moitié à la production alimentaire du Monde. Elle est aussi le premier secteur consommateur en eau. Parfois très ancienne mais développée de manière spectaculaire ces cinquante dernières années, l'irrigation pose toute une série de questions complexes dans des environnements évolutifs : l'usage des ressources en eau, la raréfaction des eaux douces disponibles et les conflits d'usages, le désengagement des états et les changements institutionnels dans la gestion de l'eau, les transformations des milieux naturels et la dégradation des eaux, l'impact des aménagements hydro-agricoles sur la santé, l'apparition de nouveaux systèmes de production agricoles et les incidences sur l'espace rural, urbain et périurbain...

Dans ce contexte, des débats internationaux ont été lancés par différents organismes touchant à l'environnement, les infrastructures hydrauliques, les agricultures, les échanges économiques, la lutte contre la pauvreté, les situations sociales et plus généralement encore les comportements des parties prenantes. La recherche française étant dispersée dans un domaine extrêmement vaste et complexe, il est apparu aux chercheurs des trois organismes Cemagref, Cirad et Ird qu'il y avait là matière à coordonner des recherches et opérer des synergies pour concilier différents impératifs socio-économiques et techniques, comme par exemple répondre aux besoins des agriculteurs tout en conservant l'environnement écologique et en assurant une régulation respectant les autres usagers.

Le Pcsi a pour objectif principal de caractériser le fonctionnement des systèmes irrigués et d'élaborer des outils et des méthodes de gestion de l'eau plus adaptés aux contextes socio-économiques variés des grandes régions irriguées. Il s'agit de constituer des programmes scientifiques autour de terrains et d'opérations de recherche préexistants comprenant l'échange d'information entre équipes, le co-encadrement de travaux d'étudiants, et la réponse commune à des appels d'offre ainsi qu'une valorisation commune des travaux. Quatre axes de travail prioritaires ont été dégagés.

- Evolution des sols et environnement.
- Gestion des périmètres irrigués et systèmes d'information.
- Gestion de la ressource en eau au sein des bassins versants.
- Dimensions sociales et institutionnelles de la gestion de l'eau.

Le présent ouvrage est le fruit d'un premier effort de rapprochement des résultats de recherche sur deux axes prioritaires et complémentaires : la gestion des périmètres irrigués et les systèmes d'information, et les dimensions sociales et institutionnelles de la gestion de l'eau.

Quatre grands types de gestion des systèmes irrigués existent dans le monde selon l'histoire politique et économique et les cultures et droits des ruraux : administrée et centralisée dans le cadre d'offices d'irrigation, communautaire et locale dans le cadre d'associations d'usagers, industrielle et marchande dans le cadre de sociétés privées de distribution, individuelle et inégale dans le cas de forages multiples sur des nappes ou de captage sur des rivières. En fait, dans chaque région, cohabitent différentes formes

qui rencontrent des dysfonctionnements importants. Des recherches comparées sont conduites sur des terrains complémentaires, au Nord et au Sud. Elles visent à comprendre les performances des différentes formes d'organisation, sous des politiques de l'eau particulières et des tensions plus ou moins fortes sur les ressources. Elles impliquent de répertorier les arrangements institutionnels et sociaux, de les faire connaître et de percevoir les points forts et les points faibles de chaque solution. Dans les contextes de désengagement de l'Etat et d'incertitude sur la ressource en eau et sur l'évolution des marchés agricoles, d'autres recherches s'intéressent à des démarches d'aide à la gestion des systèmes irrigués afin d'en améliorer la pérennité technique, économique, sociale et écologique. Ces démarches, associant diagnostic et modélisation dans une perspective pluridisciplinaire, doivent permettre aux organismes gestionnaires et aux agriculteurs irrigants de mieux maîtriser les différentes fonctions de ces systèmes : opération et maintenance des réseaux hydrauliques, tarification de l'eau, production agricole, commercialisation des produits, gestion de l'information.

Le 1^{er} séminaire du Pcsi s'est déroulé à Agropolis à Montpellier les 22 et 23 janvier 2001. Quatre thèmes de présentation et de questionnement ont structuré les exposés.

Thème 1 - Institutions et gestion

- Comment l'histoire et l'analyse des réseaux sociaux peuvent éclairer les difficultés de gestion présentes et structurer de nouvelles démarches en intervention ?
- Quelles structures organisationnelles mettre en place face au désengagement des Etats ?
- Quelle évolution des méthodes de conception et de gestion des infrastructures hydrauliques avec l'émergence de nouveaux acteurs gestionnaires ?

Thème 2 - Les coordinations entre acteurs dans un environnement incertain

- Comment ajuster l'offre à une demande en recomposition (émergence ou déclin de certains usages, prise en compte des besoins environnementaux, etc.).
- Comment rendre compte des interactions entre les stratégies individuelles et les stratégies collectives ?
- Comment considérer les interactions entre niveaux d'organisation (eau, crédit, filières) dans des démarches en intervention.

Thème 3 - Tarification et durabilité des aménagements

Suggestion de questions à aborder, parmi d'autres.

- Méthodes de calcul des coûts de l'eau.
- Prise en compte des problèmes financiers posés par la maintenance et le renouvellement.
- Méthodes d'aide au choix d'un système tarifaire.
- Conséquences des choix réalisés sur l'équilibre budgétaire des gestionnaires, le revenu des agriculteurs et les finances publiques.

Thème 4 - Des systèmes d'informations pour qui et pour quoi faire

Suggestion de questions à aborder, parmi d'autres.:

- Quels besoins d'information en fonction des activités gérées par les gestionnaires des périmètres ?
- Quels besoins d'information de la part des tiers (Etat, banques, services d'appui, recherche) ?
- Quels outils de gestion de l'information ?

- Quelles dynamiques organisationnelles autour de la gestion de l'information (prestataire de services, organisation de la profession agricole...) ? Quels types de service fournir aux gestionnaires de périmètre : appui à la gestion, crédit, prestations mécanisées, organisation de la commercialisation des productions, etc. ?

Deux cents personnes de diverses origines géographiques (Europe, Afrique du Nord et de l'Ouest, Amérique latine et du Nord) et professionnelles (chercheurs, gestionnaires de périmètre, agences de financement et de développement) ont participé au séminaire et vingt-cinq communications ont été exposées dans les quatre ateliers. Un comité de lecture a assisté les organisateurs scientifiques pour sélectionner quinze contributions qui figurent dans la présente publication.

Le témoignage de Sidi Seck, qui se réfère plutôt au premier atelier, vient conclure l'ensemble de cette mise en commun de résultats de recherche appliquée au développement de l'irrigation dans le monde, au Nord et au Sud.

Thème 1

Institutions et gestion

L'irrigation abordée sous l'angle de la gestion communautaire de biens communs

Cadre conceptuel et méthode d'approche des conflits entre parties prenantes

Thierry RUF

Ird, Ur044 Dynamiques sociales de l'irrigation, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France

Résumé — Depuis une douzaine d'années, l'association internationale pour l'étude des biens communs (International association for studying common property- lascp) joue un rôle important dans les débats sur les modèles de gestion des ressources. Elle regroupe plusieurs centaines d'adhérents venant de la recherche, de l'université et du développement qui travaillent sur des activités très diverses, la pêche, la chasse, l'élevage, la foresterie, l'agriculture et en particulier l'agriculture irriguée. Ils ont tous en commun de réfléchir à des formes de gestion durable des ressources qui privilégie une approche locale et communautaire face à des approches plus classiques de contrôle étatique ou de rôle du marché. Dans cet article, nous discutons comment les concepts peuvent être utiles pour comprendre la gestion communautaire de l'irrigation. Nous nous référons à deux réunions scientifiques récentes : l'atelier international sur la gestion communautaire des ressources (Washington, 10-14 mai 1998) et la huitième conférence de l'lascp (31 mai – 4 juin 2000 - Indiana University, Bloomington). Différents auteurs sont mentionnés : Uphoff, Murombedzi, Lindsay, Shah and Groenfeldt. Un complément provient du séminaire même du Pcsi avec la présentation de David Wilkins Wells sur l'irrigation en tant qu'organisation mutuelle aux Etats-Unis.

Abstract — **The irrigation introduced through the angle of community-based management of common property, conceptual Framework and method to approach conflicts between water stakeholders.** Since a dozen of years, the International association for studying common property (IASCP) plays an important role in debates on models of resources management. It regroups several hundred of members coming from the research, the university and the development, who work on very various activities, fishing, hunting, breeding, forestry, agriculture and especially irrigated agriculture. They have all in common to think on forms of sustainable management of resources that privileges a local and community approach instead of more classic approaches of public control or market part. In this paper, we try to discuss what concepts should be useful for understanding community irrigation management. We refer to two recent scientific meetings : the international workshop on community management of resources (Washington, 10-14 May 1998) and the eighth conference of IASCP (31 May 4 June 2000- Indiana University, Bloomington). Several authors are mentioned : Uphoff, Murombedzi, Lindsay, Shah and Groenfeldt. A complement comes from the seminary of PCSI with the presentation of David Wilkins Wells on irrigation seen as a mutual organization in the United States.

Les sociétés humaines cherchent à définir les accès aux ressources communes disponibles dans les territoires qu'elles occupent, en tenant compte des types de ressources, des lieux d'abondance ou de rareté et des techniques connues pour les employer. L'histoire, les valeurs, les religions, les expériences d'action collective, le capital social donnent à chaque communauté une certaine spécificité. Ainsi les arrangements institutionnels diffèrent d'une communauté à une autre, c'est-à-dire l'ensemble des règles

constitutionnelles établies au niveau local, les choix de règles collectives et la mise en place de règles opérationnelles (Ostrom, 1990).

Classification des ressources comme biens économiques

Selon les formes de consommation et les difficultés d'exclusion des ressources, on peut distinguer quatre grands types de situation (tableau I – voir également encadré 1 – Uphoff 1998).

Les biens privés, comme les pains fabriqués par un boulanger, sont caractérisés par leur contrôle d'accès facile et par des consommations identifiables et rivales. Si la demande de ces biens est supérieure à l'offre, cela crée des incitations pour que certains acteurs entreprennent d'accroître la production sans requérir à des mesures de gouvernance.

Tableau I. Formes de consommation et difficultés d'exclusion des ressources.

Visions d'une ressource comme bien économique		Formes de la consommation	
		Identifiable et rivale	Collective et globale
Formes d'exclusion	facile	Biens et services privés	Biens et services définis par des droits de péage
	difficile	Biens et services d'accès communs	Biens et services publics

Source : Thomson, 2000.

Les biens définis selon des droits de péage, comme l'accès à un parc naturel, ont aussi une entrée facilement contrôlable, mais leur consommation est globalement collective et sans grande rivalité entre consommateurs. Toutefois, si la demande dépasse l'offre, il y a à la fois une incitation pour produire plus (agrandir le parc) et nécessité de régulation de l'accès public aux biens définis par le droit de péage (établir un quota d'entrée).

Les biens publics, comme la qualité de l'air, ont un accès difficile à contrôler mais une consommation globalement collective et non rivale. La demande supérieure à l'offre ne crée aucune incitation directe pour produire un supplément. La gouvernance est nécessaire pour coordonner les comportements des acteurs et assurer une meilleure production du bien.

Les biens d'accès commun, par exemple un bois non clos, ont, comme pour les biens publics, un accès difficile à contrôler, mais différent par rapport à leur utilisation : les consommations sont séparées et concurrentes. Si la demande excède l'offre, des incitations apparaissent pour s'accaparer le reste de la ressource et provoquer « la tragédie des communs » telle que l'a décrite Hardin (1968). La gouvernance est nécessaire pour réguler l'accès aux biens qui ne peuvent pas être enclos. Il existe alors des institutions, une certaine formulation des politiques et des règles opérationnelles, sinon les biens d'accès commun se dégradent. Cependant, compte tenu de l'histoire économique et sociale, ces formes d'organisation existent depuis longtemps sous des formes spécifiques propres aux sociétés locales. L'exemple américain décrit par Wilkins-Wells illustre l'émergence ancienne de formes d'organisations mutuelles de la gestion des ressources. Il ne s'agit donc pas de créer ex-nihili de nouvelles institutions qui étoufferaient celles qui existaient déjà.

Qu'en est-il de l'eau ? On découvre ici que l'eau est une ressource difficile à classer : bien public, bien commun, bien privé voire bien à péage ? Tout dépend de la manière d'appréhender l'espace et le réseau dans lequel circule le bien considéré.

A l'échelle du bassin versant d'une rivière, on considère souvent que la ressource peut être en accès libre ou difficilement contrôlable (manque d'information sur les multiples prélèvements connus ou non) et que sa consommation est globale et générale, provoquant des tensions sur l'eau avec des phénomènes de concurrence et de dégradation de l'environnement. L'eau est perçue par ceux qui veulent gérer le bassin comme un bien public qui exige une administration rigoureuse. Cependant, les tensions ne sont généralement pas permanentes mais elles interviennent à des épisodes particuliers. C'est ainsi que des

partage pour éviter des procédures administratives et autoritaires et disposer de marges de manœuvres selon les périodes d'abondance ou de rareté. On peut citer, par exemple en France, les procédures des Schémas d'aménagement et gestion des eaux (Sage) et les commissions locales de l'eau dont la composition donne plus de poids aux élus des collectivités territoriales (50 %) et à l'Etat (25 %) qu'aux utilisateurs des ressources. Parallèlement, le label Irrimieux encourage des concertations entre acteurs à l'initiative des organisations d'irrigants (Anda, Irrimieux, 1999). Sur le plan international, de nombreuses instances abordent ces problèmes de négociations entre usages, et parmi elles, le dialogue sur l'eau pour l'agriculture ou l'environnement (Iwmi, 2001).

En portant son regard sur le niveau local, on trouve en réalité plusieurs visions.

La première consiste à montrer que la ressource est en accès beaucoup plus limité et borné du fait des réseaux d'irrigation en place et des limites techniques et pratiques de surconsommation. Si l'eau est relativement abondante dans le réseau, elle apparaît comme une ressource accessible facilement selon un système de péage individualisé.

La seconde vision part également des limites physiques des réseaux d'accès à l'eau, mais elle insiste sur l'aspect concurrentiel des consommations d'une masse d'eau mise à la disposition des usagers du réseau. L'eau devient alors un bien commun qu'il faut attribuer selon des règlements adéquats, d'autant plus exigeants que la ressource semble rare.

La dernière vision consiste à établir des services privés de distribution de l'eau en lui donnant tous les caractères du bien privé. La consommation est individuelle et identifiable mais aussi concurrentielle. La régulation se fait par les incitations des marchés et les réactions des entreprises.

Encadré 1. La gestion des ressources naturelles à l'échelon local.		
Après avoir défini ce qu'est la gestion à base communautaire des ressources naturelles (les américains aiment les acronymes et parlent de CBNRM) comme une forme de gestion plus efficace au plan local si elle est établie dans un cadre communautaire géographiquement et socialement clairement établi, Norman Uphoff conteste le bien fondé des thèses de Hardin sur la tragédie des biens communs et montre que la propriété privée et les forces du marché peuvent aussi conduire à la dégradation de l'environnement.		
Il compare les formes d'organisation privée, étatique et communautaire en mettant en exergue l'influence d'un quatrième secteur constitué par la communauté scientifique souvent impliqué dans des projets de gouvernance locale des ressources naturelles.		
Il insiste sur la complexité des groupes communautaires qui ne se recouvrent pas forcément et ne sont pas hiérarchisés.		
Il montre le besoin de la perspective historique pour aborder la gestion des ressources naturelles en d'autres termes que des mesures de restriction d'accès pris par des autorités administratives.		
Il compare quatre situations géographiquement très éloignées de gestion communautaire en République Dominicaine, en Indonésie, à Madagascar et au Ghana. Dans chaque cas, l'établissement de cartes de terroir par les villageois joue un rôle important dans les discussions sur des alternatives de gestion et des possibilités d'établir certaines règles communes.		
Il propose une typologie selon la nature de la ressource (connaissance et prévision de sa disponibilité) et la cohésion du groupe d'usagers (avec des exemples qui semblent d'ailleurs sujets à discussion). Il s'interroge sur les expériences de gestion à base communautaire fondée sur la démocratie et leurs influences sur l'environnement institutionnel et sur les perspectives de combiner la diversité, l'intégrité et la productivité des environnements dans lesquels vivent les sociétés humaines.		
Ressource naturelle		
Groupe d'usagers	Connue et prévisible	Peu connue et imprévisible
Groupe identifié et cohérent	Irrigation et gestion collective de l'eau	Pêche côtière artisanale
Groupe manquant d'identité et de cohérence	Gestion forestière	Gestion des espaces pastoraux

Source : Norman Uphoff, Conférence au séminaire de l'EDI-IASCP Washington D.C. 1998, Community-based natural resource management : connecting micro and macro processes, and people with their environment.

Les débats sur l'eau explicitent mal les points de vue de départ, si bien qu'ils finissent par des blocages idéologiques. En fait, le débat démocratique d'envergure sur l'eau a beaucoup de mal à se développer, même si la question de l'eau est toujours un révélateur politique énorme au plan local. Ainsi, en Equateur, la question de l'eau surgit comme l'une des clés politiques, avec une contre-proposition de loi alternative à la loi de privatisation de l'eau, relevant le principe d'une eau gérée de manière équilibrée selon des principes communautaires. En Espagne, les débats mettent en cause une pratique exagérée de l'irrigation productiviste et focalisent l'attention sur l'opposition aux transferts généralisés d'eau entre bassins versants.

Il faudrait donc, comme préalable à toute discussion, admettre que le bien économique que représente l'eau prend des formes différentes : publique, privée, commune et sous forme de droit de péage. Toutes les formes sont présentes en même temps, même si l'une peut dominer les autres à un certain moment de l'histoire. Il est fort probable que des oppositions de forme soient plus marquées d'un territoire à un autre, d'un système politique à un autre. Le tableau II tente les différentes lignes d'opposition des visions de la ressource en eau.

Tableau II. Formes de consommation et difficultés d'exclusion des ressources en eau.

Visions de l'eau comme bien économique		Formes de la consommation	
		Identifiable et rivale	collective et globale
Formes d'exclusion	facile	Eaux, biens privés	Eaux biens définis par des droits de péage
	difficile	Eaux, biens d'accès communs	Eaux biens publics

Ces lignes sont aussi des voies d'évolution. On oppose toujours très classiquement le public et le privé (nous reviendrons plus loin sur cette vision restreinte des antagonismes politiques dans le domaine de l'eau). On peut aussi opposer l'autre diagonale, accès communs versus définition de droits de péage et noter qu'il s'agit de relation possible et non pas d'exclusion entre systèmes. Dans tous les cas, il est théoriquement possible de trouver des systèmes d'accès aux ressources en eau qui combinent au moins deux des types sinon plus, et que le type dominant peut évoluer dans son rapport avec les autres, passant par exemple du type accès commun vers bien public pour aller au type « droit de péage » et pourquoi pas revenir au type « bien commun ». Nous disposons notamment de l'histoire détaillée des réseaux d'irrigation des Pyrénées-orientales pour montrer ces tendances historiques, voire identifier des cycles de gestion de l'eau selon différentes conceptions du bien (Ruf, 2000 ; 2001).

Revenons cependant aux rapports entre public et privé. On voit sur le tableau que les autres types peuvent influencer la relation directe. Ainsi, il semble assez clair que les compagnies privées s'organisent pour rendre facile l'exclusion de l'accès au bien pour devenir les seuls fournisseurs d'eau moyennant un service individualisé et privatisé. Le « privé exclusif » peut donc se développer sur la base d'une politique publique orientée vers l'affaiblissement des alternatives en bien commun ou en droit de péage. De même, il peut s'affirmer comme un recours en cas de défaillance des autres formes de gestion de l'eau. Les deux voies latérales conduisant au privé peuvent aussi exister, avec une nuance dans les décisions. D'un côté, le système des droits de péage peut être absorbé par une entreprise privée puis réformé (c'est un peu le modèle des sociétés d'autoroute) ; de l'autre l'institution gérant l'eau en bien commun peut décider de privatiser son système mais de son propre gré (c'est le cas, par exemple, d'association syndicale d'irrigants qui décide d'affermier leur réseau à un opérateur privé quand les dissensions internes à l'association semblent trop difficiles à résoudre).

Ressources en propriété commune et gouvernance

Les biens en accès commun peuvent n'être pas réglementés. Les ressources en propriété commune sont des biens d'accès commun gouvernés par des arrangements institutionnels, qui déterminent le contrôle de l'accès, la régulation de l'usage, l'organisation des investissements individuels et collectifs. De fait, par construction historique et par la multiplicité des parties prenantes, la gestion d'une ressource s'opère dans

une complexe superposition des droits et des acteurs. On ne peut simplifier les composantes de la gouvernance. Les instances gouvernementales et les entreprises privées cherchent des arrangements institutionnels entre eux, autour de politique de planification et de privatisation des ressources. Localement, peuvent apparaître des solutions inspirées de l'autogestion, la « self gouvernance ». (l'encadré 2 rapporte l'héritage historique colonial très préjudiciable à la gestion en biens communs selon Murombedzi).

Le questionnement développé dans l'iascp est à la fois local et global. Comment les gens s'organisent pour l'autogestion ? Quel est le rôle de l'Etat ? Où sont les autorités ? A quels niveaux exercent-elles leurs pouvoirs ? Quels sont les pouvoirs de chaque partie ? (voir encadré 3 sur le cadre légal, d'après John Lindsay et l'encadré 4 sur la critique du désengagement de l'Etat en Inde d'après Anil C.Shah).

Encadré 2. La lecture historique, l'héritage colonial.

Les politiques coloniales et post-coloniales sont marquées par les visions européennes et la mise à l'écart des savoirs faire africains. Les lois imposant des gestions centralisées des ressources ont été édictées aussi bien dans les colonies britanniques (King's Game laws) que dans les colonies françaises (Code des Eaux et des Forêts). Elles ont d'emblée ôté aux populations locales toute compétence sur les ressources.

On peut tirer quatre grands enseignements.

- Le contrôle de l'Etat colonial, invoquant souvent, la « modernisation » n'a pas amélioré la gestion des ressources mais a provoqué l'affaiblissement des instances locales. On cherchait à contrôler les individus.
- Le contrôle de l'Etat a fait régressé les connaissances locales sur les ressources. On n'a pas tenu compte des jurisprudences précoloniales. On a écarté les institutions autochtones. Les pratiques mêmes des acteurs locaux se sont atrophiées avec le temps.
- Le contrôle de l'Etat s'est révélé inefficace même dans les zones protégées qu'il avait établies, où l'on est passé à des usages non pérennes des ressources. Les individus se trouvent aujourd'hui sans références puisque leurs institutions ont disparu.
- Les liens entre les ressources, terres, ressources végétales et animales, eaux, etc, ont été dissolus. Les populations ont été déstabilisées par le contrôle du haut vers le bas. Les terres communes ont été envahies pour faire ce qu'elles voulaient, mettant en concurrence des groupes de bases sur des ressources en diminution.

Dans la période post-coloniale, la gestion des ressources ne change pas, au contraire, on assiste au renforcement des concepts du King's game et des lois sur les eaux et forêts. Cela induit une véritable tolérance sur le vol des ressources. De plus, certaines concessions faites par les Etats à des sociétés privées ignorent complètement les dimensions locales.

Le paradigme du développement des années 60-80 se fonde toujours sur le registre européen, une modernisation des techniques et un accroissement du capital, le recours à des crédits internationaux octroyés sur de grands projets conférant aux pouvoirs centraux l'essentiel des décisions de gestion des ressources. Les réformes agraires en Afrique ont avant tout conduit à la collectivisation et la nationalisation des terres, plus rarement à la titularisation, exceptionnellement à la propriété individuelle.

La période d'ajustement structurel des années 80-90 amène des réformes sans jamais octroyer de droits clairs. On modifie certains codes, sans jamais innover complètement. Une vraie réforme agraire suppose de reconnaître les savoirs environnementaux locaux, de définir des droits clairs sur les ressources, d'apporter des informations sur les ressources et de les diffuser, de développer des capacités institutionnelles et de créer des mécanismes de résolution des conflits.

Le problème vient aujourd'hui de l'inexistence de communauté ou d'institution après des années coloniales et post-coloniales. Quelle est aujourd'hui l'autorité des chefs de terre ? Les efforts de création de communautés venant de l'extérieur risquent de déboucher sur des institutions indépendantes et inefficaces si elles ne s'appuient pas sur les structures sociales locales réelles, malgré la crise des anciennes institutions.

Il ne suffit pas de voter des lois générales sur la gestion communautaire des ressources naturelles. Il faut préciser clairement les choses : qui les utilise ? Quand ? Comment ? Qui sanctionne ? Comment sont prises les décisions ? Il faut intégrer toutes les couches de la communauté et prévoir le règlement des différends.

Source : J. Murombedzi, Conférence au séminaire de L'Edi-Iascp Washington DC. 1998, The evolving context of community based natural resources management in sub-saharan Africa in historical perspective.

La gouvernance renvoie aux processus de décisions. Ostrom distingue trois niveaux essentiels (Lavigne-Delville, 1997) :

- les règles constitutionnelles qui permettent de définir qui est membre d'une organisation ;
- les règles opérationnelles qui définissent comment agir, sur quoi le faire, comment, quand, sous quelle forme et quantité ;
- les processus de décision collective, situant qui a défini les règles et comment elles peuvent être modifiées dans le temps.

Encadré 3. Le besoin d'un cadre juridique général.

La plupart des hommes cherchent à éviter le monde des avocats et des tribunaux. La gestion communautaire le fait aussi. On cherche, par des règles à base communautaire, à éviter un conflit qui déboucherait sur des décisions de justice.

Cependant, les règles locales fonctionnent bien dans un contexte plus global. Les institutions locales ont besoin de lois générales, car les règles locales ne peuvent pas tout définir. Quatre besoins sont essentiels :

- la protection même du système communautaire et de l'institution locale ;
- la limitation claire du pouvoir de l'Etat ;
- la limitation aussi claire des abus du pouvoir local ;
- la prise en compte des préoccupations environnementales.

Les lois générales doivent devenir moins hostiles, plus utiles au développement communautaire. Elles doivent permettre la reconnaissance de la propriété locale sur les ressources et promouvoir des régimes de cogestion. Les populations doivent avoir un droit de participation effectif dans la gestion des ressources dont elles dépendent. Tous les pays ne sont pas à la même enseigne. Il faut créer un espace juridique adéquat, exigeant en termes de sécurité du droit et de flexibilité pour s'adapter aux diverses situations.

Les droits doivent être clairs. Il faut une certitude que les droits ne vont pas être enlevés. Il faut qu'ils soient applicables et opposables à l'Etat. Ils doivent être exclusifs. Les modalités de résolution des conflits doivent être connues. On doit respecter les possibilités d'appel des décisions. Il faut une personnalité juridique pour exercer son droit.

Beaucoup de lois dans le monde parlent du respect des droits coutumiers... protégées quand cela est possible ou sauf quand l'intérêt de l'Etat prévaut. Bon nombre de projets de développement octroient une fausse sécurité, en fait liée au contexte du projet et aux souhaits des bailleurs de fonds. A longue échéance, cette sécurité disparaît. Lorsque les gens n'ont pas confiance, la loi n'est même pas une condition préalable à l'émergence d'une gestion communautaire durable.

Un autre phénomène survient souvent dans la cogestion : les services de l'Etat conservent jalousement leur pouvoir. On les retrouve à chaque planification, dans chaque secteur. Ils promeuvent néanmoins la participation des populations mais fixent leurs objectifs de manière sectorielle. Les villageois sont rapidement épuisés par la multiplicité des réunions (et des lieux de réunions) et par les contradictions relevées entre les différents services de l'Etat.

Parfois, les lois définissent les modalités de cogestion avec trop de détails, de normes ou de formes étrangères aux institutions locales, aboutissant au rejet de légitimité par les populations locales. Il y a aussi le risque de récupération par l'élite aux dépens des plus pauvres.

On doit définir ce qu'est la communauté, le groupe qu'elle représente et l'espace de contrôle. On ne peut pas standardiser tout et se contenter de définir de façon locale une autorité du type de « conseil de district ». Il faut reconnaître différents groupes avec différents objectifs et fonctions. On ne peut se contenter d'un schéma simpliste reliant un ensemble de ressources à un ensemble de personnes réunies dans une communauté avec une régulation de l'exploitation des ressources orchestrée par l'Etat et une loi.

La communauté est composée de divers groupes qui n'ont pas les mêmes visions, qui sont en concurrence les uns avec les autres. Face aux attitudes différentes des parties prenantes, il n'y a pas une seule réponse correcte. La loi doit favoriser un processus dans lequel les différentes parties peuvent négocier de façon transparente.

L'élaboration de la loi doit éviter les préjugés des avocats et des bailleurs de fonds. Le processus doit être plus vaste. Il faut démystifier la loi, faire participer les gens à tous les niveaux, donner des capacités aux populations pour s'engager dans des propositions et comprendre les propositions de loi. La loi s'applique aussi aux forces gouvernementales, à la bureaucratie, à la police et aux juges. La loi doit se baser sur le changement social et non pas souhaiter le changement de société de manière dirigée.

Source : John Lindsay, Conférence au séminaire de l'Edi-IAscp Washington DC. 1998, Designing legal space : law as an enabling tool in community-based management.

Cependant, tous les biens susceptibles d'être gérés en biens communs peuvent être juridiquement régis par des droits de propriété différents : privé, commun, étatique ou en accès libre. Quels droits sont inclus ou non dans la réflexion sur la gouvernance d'une ressource ?

Schlager et Ostrom (1996) démontrent que les accès aux ressources sont des combinaisons de droits plus ou moins exclusifs associés à des positions sociales spécifiques (tableau III). A propos de l'Afrique noire et des enjeux fonciers, Barrière (1996), poursuivant l'approche d'Etienne Le Roy, évoque aussi la superposition des droits sous la forme de degré de maîtrise foncière.

Tableau III. Types d'action sur les ressources selon les statuts sociaux.

Action	Propriétaire	Possédant	Tenancier	Usager reconnu	Usager passager
Accès	*	*	*	*	*
Collecte	*	*	*	*	*
Gestion	*	*	*		
Exclusion	*	*			
Aliénation	*				

L'approche théorique — rapidement présentée ici — des termes de biens communs et de gouvernance constitue un cadre utile à la compréhension des relations sociales autour des ressources naturelles. Pour autant, on ne peut pas idéaliser les rapports sociaux qui prévalent dans une situation concrète. Plusieurs points apparaissent aux observateurs. En premier lieu, la connaissance même des droits échappe souvent aux personnes, en particulier à celles qui n'en disposent théoriquement pas, et même aux gens qui en disposent : certains savent qu'ils exercent un droit mais ils ont oublié les modalités spécifiques de l'accès. En second lieu, des problèmes de reconnaissance des autres parties prenantes bloquent tous les processus constitutionnels et opérationnels et progressivement rendent illégitimes les prises de décisions collectives faites par une partie limitée des utilisateurs des ressources.

Dans de nombreux pays, le contexte local est extrêmement tendu du fait que l'Etat s'affirme encore comme seul propriétaire des terres alors que les communautés prétendent qu'elles leur appartiennent. Dans les bassins versants, il y a d'énormes difficultés pour établir des arrangements institutionnels, puisque quatre logiques de gestion se confrontent : l'eau en bien commun pour les communautés rurales les plus anciennement installées, l'eau en bien public pour les services administratifs, l'eau en bien privé pour les grands propriétaires fonciers et les compagnies d'eau, l'eau en accès libre pour les nouveaux entrepreneurs qui ont appris à jouer des incohérences et des blocages des uns ou des autres.

On peut penser que certains acteurs ne recherchent aucune reconnaissance des autres pour arriver le plus rapidement possible à une situation de crise, et chercher dans un deuxième temps à prendre une emprise déterminante sur les choix collectifs, beaucoup plus favorable en tout cas que celle qu'ils auraient eue dans le cadre de négociations conduites sans apparition de crise.

Ainsi, la tragédie des communs ne viendrait-elle pas de la pression excessive sur les ressources par l'ensemble des ayant droits reconnus mais par le fait d'entrepreneurs exerçant une collecte excessive des ressources dans un espace qu'ils considèrent ouvert et sans règle, quitte à risquer une forte dégradation. En effet, celle-ci sera toujours la cause de l'effondrement des institutions communautaires, le prétexte de l'intervention des administrations centrales et la porte ouverte à la réforme des modes d'accès, soit par concession de l'Etat (incluant la corruption), soit par privatisation de ce qui aurait été auparavant nationalisé. Les entrepreneurs (auparavant plutôt cavaliers seuls ou « *free riders* ») peuvent alors reconstruire une règle exclusive par un marché réglementant l'accès à la ressource devenue rare.

L'approche de la gestion communautaire des biens communs ne doit pas occulter les phénomènes de crise, de conflit et d'arrangement politique qui se décide éventuellement dans d'autres sphères de pouvoir.

Encadré 4. Critique des actions de désengagement de l'Etat.

Dans les pays en développement, les bureaucraties gouvernementales ne sont pas les structures adéquates pour appréhender la gestion des ressources locales. Les constats viennent de partout : il y a eu trop de schémas de développement et d'aménagement qui se soldent par des échecs.

Ainsi, les programmes de lutte contre l'érosion des sols financés par le gouvernement indien et la Banque mondiale ont été évalués dix ans après dans 90 villages : il ne reste aucun résultat tangible. Un autre exemple, pris dans l'irrigation, montre comment la volonté de la Banque mondiale de privilégier l'établissement de tours d'eau dans les périmètres à l'ouest de l'Inde, à l'image de ceux qui sont pratiqués au nord de l'Inde, a été contrée par les paysans qui ne disposaient pas du tout des mêmes structures foncières.

Les gouvernements recherchent aujourd'hui une nouvelle relation avec les communautés locales, afin de lutter contre la pauvreté, de régénérer des terres marginales, d'encourager le maintien de la biodiversité... et de réduire les dépenses publiques. Ils incitent donc la formation de groupes communautaires pour les amener à gérer les ressources et avoir un sentiment de propriété. La manière la plus souhaitable d'organiser des communautés d'usagers des ressources restera pour autant les communautés spontanément formées. En effet, celles-ci ont un intérêt direct dans la préservation des ressources qu'elles utilisent, elles ont établi des systèmes de gestion avec des droits et des obligations pour tous leurs membres.

Dans la mesure où de nombreuses ressources sont aujourd'hui la propriété de l'Etat, l'émergence spontanée et autonome de groupes d'usagers de ces ressources d'Etat suppose une révision du système juridique global.

Un exemple, pris dans les ressources forestières, montre que l'Etat Indien n'a pas encore pris la mesure d'une politique de gestion communautaire. En effet, un groupe spontanément formé a demandé au gouvernement de bénéficier du cadre juridique de cogestion des forêts, mais le gouvernement a refusé parce que ce cadre de cogestion n'est applicable qu'aux espaces forestiers dégradés, ce qui n'était pas le cas. Un autre exemple est cité, celui de l'exploitation non renouvelable des nappes d'eaux souterraines. L'action de l'Etat reposait sur des recommandations faites aux différentes communautés d'irrigants indépendamment les unes des autres. Mais, dans ce cas, la tragédie des biens communs semble fonctionner, chaque groupe villageois se refusant à diminuer ses prélèvements par peur que le village voisin en profite pour augmenter ses prélèvements.

Les Ong ont de fortes carences dans le domaine technique et dans la compréhension des problèmes de gestion des ressources. Elles n'ont pas vraiment été actives pour favoriser des systèmes de gestion communautaire efficace. Les agences gouvernementales n'ont aucune flexibilité dans les prises de décisions comme l'exigent les dynamiques locales d'exploitation des ressources. En outre, elles n'ont pas d'expérience et de personnel dans le domaine de l'organisation sociale.

Il faut transformer le système bureaucratique. Les structures, les relations, les procédures, les rôles doivent être revus. La décentralisation et la délégation d'autorité doivent être promues. Il faut des formations intensives et répétées.

Il faut s'appuyer sur des expériences pilotes qui permettent d'apprendre et d'ajuster. Des véritables laboratoires pourront permettre de créer un cadre indicatif. Il faut combiner les savoirs locaux avec les expériences des professionnels.

Il faut encourager la confiance en soi. Les membres de la communauté doivent voir des avantages à court terme et pas seulement à long terme. Les groupes sociaux marginaux doivent trouver une situation de dignité dans la communauté. L'assistance financière et la présence des agences gouvernementales doivent diminuer de manière progressive et continue. La création de fonds de maintenance et de développement doit progresser et les relations bancaires et financières ne doivent plus obligatoirement passer par les gouvernements.

Les organisations communautaires peuvent se fédérer et finalement remplacer les agences gouvernementales et rendre une diversité de services aux organisations locales.

Il faut nécessairement changer d'échelle. La gestion participative ou communautaire ne peut se contenter d'actions locales isolées, même réussies. Il faut réconcilier les processus de gestion locale avec les modes de planification régionale et contribuer à la reconnaissance et au renforcement du capital social.

Source : Anil C. Shah, Conférence au séminaire de l'Edi-lascp Washington DC. 1998, Participatory process of organizing effective community-based groups.

Principes de résolution des conflits d'usage

Jacqueline Ashby (1998) montre que les conflits d'usage sont des phénomènes courants et qu'ils constituent des phases indispensables pour élaborer des règles de gestion en bien commun. Dans la gestion des ressources naturelles, plusieurs composantes interviennent. Des multiples acteurs entrent en compétition sur la même ressource dans un site donné. Des interdépendances biophysiques temporelles et spatiales entrent en jeu dans le site et hors du site. Or, on éprouve des difficultés pour observer sur le long terme les effets des pratiques de gestion favorable ou non à l'environnement.

Des conflits surgissent entre les acteurs. Il est nécessaire de comprendre les causes et les effets multiples dans le site et hors du site pour résoudre les problèmes, car une intervention quelconque aura des répercussions à d'autres échelles. Un usager à titre individuel perd la trace des conséquences de l'usage qu'il fait de la ressource. L'information et la gestion de l'information pour disposer à temps d'éléments de réponses à un problème émergent sont des points critiques. Des solutions spécifiques à chaque situation et chaque site sont nécessaires pour être viables.

En conséquence, une action collective est nécessaire avec un engagement des acteurs impliqués dans le site et hors du site (effets de la gestion de la ressource) dans la recherche de solutions. On doit partir de la construction du consensus sur les causes et les effets, et sur les solutions des problèmes. On doit améliorer la formation sur le terrain pour établir une discipline collective et motiver les personnes pour l'action avec des incitations à court terme. Il faut donc une certaine capacité organisationnelle pour gérer des actions collectives, résoudre les conflits et adapter les stratégies pour innover dans des environnements changeants sur des périodes relativement longues.

Les organisations communautaires sont à la base de toute action collective. Elles doivent pouvoir se développer en assumant tout une série de rôles. Elles contribuent à la formation du capital social et à la capacité de travailler ensemble. Elles définissent les rôles, les fonctions, les contraintes, les sanctions et les récompenses pour le respect des normes. Elles organisent des forums de négociation et de construction du consensus. Elles promeuvent des innovations locales spécifiques et contribuent à l'action politique locale. Elles gèrent la participation des acteurs dans la planification de la gestion de la ressource et le suivi des impacts. Elles jouent un rôle d'interface avec les agences gouvernementales extérieures et catalysent le remodelage institutionnel.

La liste de facteurs favorables à l'émergence de conflits est longue. Ashby en cite quelques exemples significatifs. Les acteurs qui utilisent la ressource pour gagner leur vie ont été exclus de l'usage ou des décisions qui modifient l'usage de la ressource. L'accès sur des ressources rares ou dégradées devient inégal. Il y a accroissement sans précédent des taux d'extraction. Des interventions sont décidées à des échelles inadaptées. Des frontières agricoles se ferment. L'extraction est promue par des intérêts économiques internationaux ou non-locaux. Le gouvernement sape les manières traditionnelles de partage des ressources. Il y a un manque de clarté dans les frontières, les accès, les droits d'usage et les responsabilités. On ne sait pas déterminer les causes et les effets de la dégradation d'une ressource. Le changement de statut d'une ressource rend imprévisible le jeu des acteurs. On éprouve des difficultés d'appréhension des effets d'une mauvaise gestion ou au contraire d'une amélioration de la gestion.

Le besoin de résoudre un conflit d'usage ne va pas de soi. Les acteurs clés doivent percevoir qu'ils ne peuvent que perdre à l'issue du conflit. Pour avancer dans la recherche de solutions, la perception des causes et des effets (qui est coupable et qui est victime ?) est transformée par de nouvelles informations. Les acteurs participent à la collecte d'informations et au diagnostic collectif des problèmes. Plusieurs catalyseurs interviennent : le capital social, la confiance interpersonnelle, les normes de coopération et de réciprocité, la médiation extérieure.

Pour engager un processus de résolution de conflit, une analyse compréhensive des enjeux doit reconnaître la diversité des intérêts, et notamment ceux qui ont été ignorés ou exclus des décisions sur la gestion de la ressource.

L'information adéquate sur les causes et les effets de la gestion de la ressource par les différents acteurs est largement dispersée. Pour partager ces connaissances, l'information doit être diffusée avec des limites clairement établies (par exemple des cartes). De nouveaux canaux de communication doivent être ouverts entre les groupes d'acteurs. La légitimité des différents points de vue doit être acceptée. Les groupes

d'acteurs qui sont relativement peu organisés, peu informés et politiquement faibles doivent être renforcés à travers la formation et l'organisation.

Un forum ou un mécanisme de coordination viable entre multiples acteurs doit être établi pour mener les futures consultations, les négociations, les formulations de politique et les prises de décisions. Des options nouvelles technologiques, institutionnelles et légales sont disponibles pour une gestion de la ressource qui offre une voie acceptable pour combiner le fait de gagner sa vie et la conservation de la ressource. Les décisions locales sont reconnues par les autorités d'un niveau supérieur, sinon l'action collective se révélera décevante et l'échec encore plus radical.

Quelques points critiques doivent être respectés dans la résolution d'un conflit. L'information doit être précise et arriver à temps pour tous les acteurs. Le processus doit s'inscrire dans la construction du capital social. Le changement technologique doit être approprié et discuté au plan local. L'organisation de la participation des acteurs aux prises de décision doit être claire. La prise de décision locale ne doit pas être contredite par l'autorité supérieure. Une combinaison entre initiatives privées, communautaires et régulation publique doit se mettre en place (on parle parfois de cogestion). L'ensemble de la médiation du conflit et de la mise en place de nouvelles institutions et règles doit être suivi et évalué avec la participation de toutes les parties prenantes.

Encadré 5. la gestion participative de l'irrigation.

Dans le champ de la gestion des ressources naturelles à base communautaire, les réseaux d'irrigation constituent un domaine de plus en plus important, d'autant plus qu'il ne s'agit pas uniquement de l'aborder à l'échelle des petits systèmes irrigués mais à des échelles plus larges, plus englobantes, avec au moins trois enjeux :

- l'enjeu alimentaire : dans la perspective 2025, il va falloir nourrir un tiers d'habitants de la planète en plus avec un dixième de terres cultivables en moins ;
- l'enjeu environnemental : la pollution induite par les agricultures irriguées devient un problème général ;
- l'enjeu institutionnel : les communautés locales peuvent beaucoup y gagner ... comme y perdre.

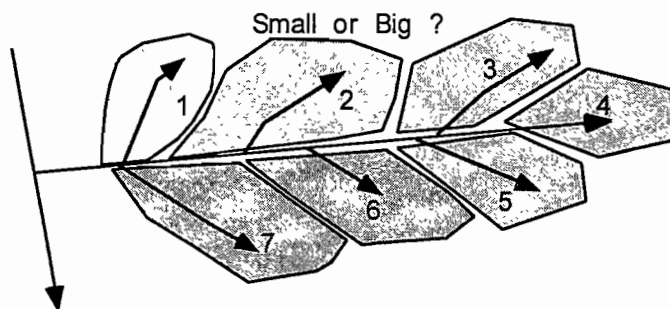
Les agences gouvernementales ne peuvent plus gérer les systèmes irrigués. Elles sont prises dans le cercle vicieux du faible recouvrement des charges, accroissant les déficits d'exploitation et provoquant un service défectueux qui aggrave le faible recouvrement des charges.

Comme beaucoup de recherches l'ont montré dans les années 80, les agriculteurs savent gérer durablement des systèmes irrigués à l'échelle de petites communautés rurales. Le thème de la fin des années 90 évolue vers la formation d'entités regroupant les usagers pour gérer de grands réseaux d'irrigation.

On trouve deux cas de figure. Les usagers ne gèrent pas directement le système d'irrigation, ou bien ils le gèrent et emploient eux-mêmes l'équipe de gestionnaires du réseau.

Trois questions doivent être abordées.

Quelles sont les groupes communautaires effectifs dans un secteur irrigué ?



Pour choisir une échelle optimale d'organisation, il faut que les objectifs de gestion soient suffisamment significatifs et attractifs pour susciter la participation des usagers.

Les capacités d'organisation peuvent être faibles mais cela n'est pas une limite. Les organisations évoluent constamment.

- Pourquoi organiser des communautés d'irrigants?

Un manuel de la Banque mondiale affirme que l'organisation communautaire est plus efficace, mais cela n'a en fait jamais été prouvé. Les impacts environnementaux seraient meilleurs du fait des interactions possibles entre associations. Mais c'est surtout le développement du capital social qui est visé. L'expression et la gestion de la vie des gens sont essentielles. La conférence internationale de Dublin l'affirme : l'eau est un bien économique et un bien social.

La participation signifie un engagement complet dans tout le cycle de vie d'un système d'irrigation : la gestion de la ressource, le processus de décision des nouveaux investissements et des réhabilitations, les décisions sur les structures et les fonctions de l'organisation des usagers.

- Comment organiser des communautés d'irrigants?

Il faut partir de politiques claires, renforcer les capacités des agences, des institutions de formation, des Ong et des leaders paysans. Il faut établir une stratégie et l'expérimenter réellement. Il faut un suivi et une assistance après le transfert des responsabilités aux associations.

Le processus d'organisation est fragile et nécessite une politique stable. Les exploitants doivent pouvoir d'organiser, s'assurer que le système est durable. Si on regarde précisément les associations créées dans les années 80, peu d'entre elles subsistent actuellement.

Aux Philippines, 1791 associations regroupent chacune 350 hectares en moyenne, collectant surtout la redevance hydraulique. Mais seulement 2,3 % ont été véritablement transférées.

Au Mexique, la commission nationale de l'eau a formé 80 districts d'irrigation (3,2 millions d'hectares) et transféré 70 % des surfaces irriguées à 316 associations. Le processus repose sur des avantages : l'autonomie de gestion, le transfert gratuit des équipements de maintenance, la concession sur 20 ans. Mais il comprend aussi des désavantages : la menace d'une détérioration des services et les risques pris sur la production. Des centaines de producteurs se sont réunis avec les agents gouvernementaux chargés du transfert de gestion : groupes d'ejidos, groupes de propriétaires fonciers, fédérations paysannes et nombre de consultants.

En Turquie, sur 580 aménagements hydro-agricoles (1,6 million d'hectares), 407 ont été transférés à des associations (62 % de la superficie), mais en maintenant un régime de subventions d'Etat, une eau gratuite, des équipements gratuits et finalement un contrôle technique par l'Etat.

Dans l'Etat d'Andhra Pradesh, en Inde, du fait de la politique de privatisation et de participation, plus de dix mille associations d'usagers de l'eau ont été créées en juin 1997 par une loi. La propriété gouvernementale est transférée aux associations. Les fonctionnaires doivent s'engager pour servir dans les associations.

Quelles leçons peut-on retenir ?

L'irrigation a des spécificités : c'est un processus qui vise à piloter un autre : l'agriculture ; il y a une extrême incertitude dans l'accès à l'eau ; les infrastructures sont très coûteuses ; le transfert de gestion est complexe.

Leçon n° 1 : il y a une échelle minimale d'intéressement pour que les usagers entrent dans une gestion participative.

Leçon n° 2 : une politique claire doit permettre d'éviter les résistances des bureaucraties hydrauliques, en n'écartant pas des mesures décisives et globales de big-bang.

Leçon n° 3 : l'amélioration physique des réseaux n'est pas une condition impérative du transfert mais l'essentiel réside dans les bases juridiques et légales.

Leçon n° 4 : le processus d'organisation se poursuit au-delà de l'épisode du transfert par des formations et accompagnements.

Leçon n° 5 : les organisations locales d'usagers ont besoin de nouvelles relations pour assumer leurs représentations politiques, la circulation de l'information, les fonctions de *lobbying*. Il faut des fédérations d'associations locales capables de faire remonter les décisions et souhaits.

L'Inpim a été créée en 1995 comme une organisation non gouvernementale. Sa mission est de faciliter les échanges entre personnes, idées et matériels pédagogiques (Le site web est <http://www.inpim.org>).

Source : David Groenfeldt, Conférence au séminaire de l'Edi-lascp Washington DC 1998. Organizing effective community-based groups : lessons from the irrigation sector.

Dans le domaine de l'irrigation, Elinor Ostrom a proposé huit principes fondamentaux pour résoudre les conflits d'usage et renforcer le capital social des irrigants. Ces principes apparaissent parfois comme un credo :

- les limites doivent être clairement définies ;
- les avantages doivent être proportionnels aux coûts assumés ;
- des procédures doivent être mise en place pour faire des choix collectifs ;
- des règles de supervision et surveillance doivent exister ;
- des sanctions graduées et différenciées doivent être appliquées ;
- des mécanismes de résolution des conflits doivent être institués ;
- l'Etat doit reconnaître l'organisation en place ;
- l'ensemble du système est organisé à plusieurs échelles.

L'universalité supposée des principes d'Elinor Ostrom laisse croire à une possible application sans discernement, comme une sorte d'ingénierie sociale. La reconnaissance de normes traditionnelles peut être perçue comme une chose très positive pour la majorité des gens honnêtes. Cependant, des aspects négatifs sont sous-estimés. Que se passe-t-il dans une démocratie non assumée ? Le choix de l'action collective répondant aux incitations gouvernementales ne serait-il pas un mirage ? Par quels chemins sont établies les normes ? On a besoin de connaître les procédures de prises de décision dans la communauté.

Quand on travaille sur des systèmes anciens, les huit principes en question se révèlent très insuffisants. En effet, peu d'attention est portée sur les contextes historiques, les relations de pouvoir, les rivalités entre villages et entre quartiers d'un même village. Les institutions sont créées au fur et à mesure des conflits à régler. Les principes d'Ostrom sont trop figés. Les systèmes irrigués sont très dynamiques et leurs limites ne peuvent être fixées à jamais. En outre, Ostrom n'indique pas le processus qui permet de définir et d'adopter certains principes : comment se fait le processus de décision ?

Certaines sociétés ont été façonnées par des autorités très puissantes et asservissantes qui leur ont imposé les premières règles applicables sur le plan local. Plutôt que de parler de frontières pour fixer les limites d'une organisation communautaire, peut-être faudrait-il évoquer des réseaux territoriaux, historiques et sociaux dans des maillages fort complexe, avec différentes cultures dans le même espace. Il semble aussi nécessaire de tenir compte des personnes ayant migré mais conservant une attache avec la communauté d'origine, et des personnes déplacées et en voie d'installation sur la zone considérée. Wilkins-Wells (encadré 6) montre que les institutions de gestion de l'irrigation aux Etats-Unis fonctionnent comme des sociétés mutuelles à but non-lucratif. Celles-ci sont mal connues, parfois en difficultés financières mais elles évoluent en intégrant dans leurs activités des services nouveaux orientés vers le monde urbain (fourniture d'eau brute, entretien du patrimoine, etc). On retrouve ce phénomène dans les associations syndicales du sud-est de la France qui cherche à élargir leurs limites et faire reconnaître leur utilité sociale.

En définitive, les principes d'Elinor Ostrom doivent être compris comme des outils heuristiques pour faciliter l'analyse de situations concrètes. Si on évalue actuellement le fonctionnement des réseaux d'irrigation étatique touchés par le désengagement public et la mise en place forcée d'associations d'usagers, on voit que les principes minima d'Ostrom ne sont pas appliqués. Les associations d'usagers restent des institutions vides ou bien des formes détournées, arrangées de gestion collective de ressources : les politiques de l'eau et les politiques agraires se décident loin des assemblées villageoises.

En outre, les huit principes ne peuvent en aucun cas constituer un cadre exhaustif ou une recette pour le succès. On doit se replacer dans chaque contexte, prendre le temps nécessaire pour acquérir des connaissances approfondies, et se souvenir que la perception de la rationalité et du succès d'un travail peut être radicalement différent de la part d'autres personnes impliquées. « So follow the actors... » affirme Thomson (2000).

Encadré 6. la gestion de l'eau vue comme une mutualité.

Aux Etats-Unis, la forme d'organisation de l'irrigation qui a le plus prospéré est la société d'irrigation mutuelle, sans but lucratif. Cette importance peut s'expliquer dans le cadre de l'agriculture irriguée du fait des problèmes classiques de fourniture d'un bien collectif et de gestion de ressource en propriété commune. Le bien collectif s'exerce sur une réserve d'eau fiable et équitable à bas prix. L'aspect commun de la propriété s'exprime dans le partage d'un canal principal, le système pour contrôler l'eau et pour assurer le drainage, la maintenance des ouvrages et la résolution des conflits.

Sur le plan historique, la « société d'irrigation mutuelle », liée au *Fabianisme* (la social-démocratie) est devenue populaire parmi les irrigateurs de l'ouest des Etats-Unis à la fin du dix-neuvième siècle. En 1960, l'année du dernier recensement approfondi de l'irrigation aux Etats-Unis, on a dénombré huit mille cinq cents « sociétés à responsabilité limitée sans but lucratif pour l'irrigation » dans l'Ouest.

Plusieurs phénomènes ont contribué à l'affaiblissement de leurs tendances social-démocrates. Ici, des règlements mutuels intérieurs démodés ou faibles n'arrivent plus à protéger les intérêts collectifs des membres de l'organisation et leurs emprises sur des disponibilités en eau. Là, des tentatives de vente des parts sociales dans la société à des non-agriculteurs déséquilibrent le fonctionnement. Ailleurs, l'empiètement urbain et l'incapacité de l'organisation d'extérioriser les frais associés avec cet empiètement diminuent les marges de manœuvre des sociétés mutuelles. Enfin, des initiatives écologiques de niveau fédéral et de l'Etat omettent de reconnaître l'intérêt de telles organisations de la propriété commune, ni leurs besoins légaux.

Dans tous les cas, de nombreuses organisations d'irrigants ont subi des baisses de cotisations. Les agriculteurs ont dû vendre des actifs immobiliers pour combler des déficits économiques ou pour profiter des nouvelles formes de spéculation foncière sur la terre et l'eau.

En revanche, quelques-unes des sociétés d'irrigation mutuelle ont commencé à redresser leur position économique en fournissant d'autres formes de services, en particulier la livraison d'eau non-potable pour l'aménagement paysager, là où l'urbanisation joute les terrains irrigués. Cette nouvelle activité représente une modification économique rationnelle qui accompagne l'évolution de l'usage de la terre. Les sociétés mutuelles ont ainsi renforcé leur situation, en maintenant jusqu'ici la nature de la propriété commune. Pour autant, les corps de règles mutuelles ont été amendés.

- La société est administrateur de l'ensemble des parts.
- Seuls les agriculteurs peuvent acheter une part sociale de la société.
- Ils passent des accords avec des municipalités pour créer un cadre de protection légal vis-à-vis des promoteurs immobiliers, en échange de la fourniture d'eau pressurisée pour l'aménagement paysager de l'urbanisation. Ce service réduit les frais de fourniture d'eau traitée par les municipalités et accroît la position politique de la société mutuelle.
- Ils font payer aux usagers non agricoles les frais associés à l'expansion urbaine comme l'enlèvement des ordures des canaux, le déplacement des canaux pour améliorer le cadre urbain et certains frais de responsabilité associés à l'urbanisation des terrains irrigués.

Ainsi, les organisations d'irrigation traditionnelles peuvent faire face à l'emprise urbaine et, en renouvelant leurs règles, composer avec les municipalités des contrats renforçant leur situation économique et leur principe fondateur.

Quelles sont les implications pour le développement dans les pays à bas revenus ou en voie de développement ?

Les sociétés d'irrigation mutuelle, comme les anciennes associations catalanes ou les vieilles institutions espagnoles de la région de Murcie, représentent des modèles importants pour approcher la gestion des ressources en eau et en terre dans un pays à bas revenus. Elles montrent comment les agriculteurs irrigants peuvent réduire le prix d'eau en tant que facteur de production, et ainsi garder un avantage compétitif par rapport à des agriculteurs moins bien organisés.

Les sociétés d'irrigation mutuelle sont assez simples et faciles à organiser, mais elles ont besoin d'un cadre juridique favorable au niveau national ou fédéral. Ce cadre légal doit être assez flexible pour permettre aux organisations de chercher de nouvelles formes d'avantages comparatifs quand le besoin apparaît.

Des exemples au Sri Lanka, Népal, et parmi les amérindiens sans traditions dans ce domaine, suggèrent que cette forme d'organisation est facile à comprendre au niveau du transfert de technologie, et adaptable à des situations à bas revenus grâce à sa nature intrinsèque : être sans but lucratif, répartir équitablement les charges.

Source : John Wilkins-Wells (Colorado State University), intervention durant le séminaire du Pcsi : Common Property Organizations in The United States, the forgotten Economy.

Bibliographie

- ANDA, IRRIMIEUX, 1999. Gestion collective d'une ressource commune, des « droits à l'eau » à la gestion collective de l'eau, synthèse. Anda, Paris, 40 p.
- ASSIER-ANDRIEU L., 1984. Tradition juridique et changement politique : la persévérance du droit commun catalan dans la province du Roussillon. Actes premier congrès d'histoire moderna de Catalunya, Barcelona. 17-21/12/1984, vol II, Univ. Barcelona, p. 195-204.
- ASHBY J., 1998. Alternative approaches to conflict management. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998.
- GROENFELDT D., 1998. Organizing effective Community-Based Groups : lessons from the Irrigation Sector. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998.
- HARDIN G., 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162 : 1243-48.
- HUNT R., 1988. Size and structure of authority in canal irrigation systems. *Journal of anthropological research*, 44 (4) : 335-355.
- HUNT R., 1989. Appropriate social organization ? Water user associations in bureaucratic canal irrigation systems. *Human Organization* 48, (1) : 79-90.
- IWMI, 2001. A framework for creating and managing the Knowledge Base for the Dialogue on Water Food and Environment. IWMI Draft paper, 19 p.
- LAVIGNE-DELVILLE, 1997. Pour des systèmes irrigués autogérés et durables : façonner les institutions. (Traduction et synthèse de l'ouvrage de E. Ortrom, 1992). *Inter-réseaux*, 46 p.
- LE ROY E, KARSENTY A., BERTRAND A., 1996. La sécurisation foncière en Afrique. Pour une gestion viable des ressources renouvelables. Kathala, Paris, 388 p.
- LINDSAY J.M., 1998. Designing legal space : law as an enabling tool in community-based management. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998, 18 p.
- MUROMBEDZI J., 1998. The evolving context of community based natural resources Management in sub-Saharan Africa in Historical Perspective. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998, 19 p.
- OSTROM E., 1990. Governing the commons : the evolution of institutions for collective action. Cambridge, Cambridge University press, 280 p.
- OSTROM E., 1992. Crafting institutions for self-governing irrigation systems. Ics press, San Francisco, 111 p.
- RUF T., 2000. Du passage d'une gestion par l'offre en eau à une gestion par la demande sociale. Ordre et désordre dans les questions d'irrigation et de conflits d'usage de l'eau. In Honegger A., Ruf T. (Eds.) , 2000. Approches sociales de l'irrigation et de la gestion collective de l'eau en France et dans le monde. Territoire en mutation, Cnrs, Montpellier, mai 2000 : 7, 9-33.
- RUF T., 2001. Droits d'eau et institutions communautaires en montagne, sept siècles d'histoire des tenanciers des canaux de Prades (Pyrén.-Orien.). *Histoire et sociétés rurales*, 16, 2^e semestre 2001, p. 11-14.
- SHAH A.C., 1998. Participatory Process of Organizing Effective Community-Based Groups. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998, 7 p.
- SCHLAGER E., OSTROM E., 1996. The formation of property rights. In Hanna S.S., Folke K., Gorum Malen K., 1996. Rights to nature, ecological economics, cultural and political principles of institutions for the environment. Washington DC, Island Press.
- THOMSON J., 2000. Workshop « Introduction to the Cpr Theory ». 8^e conférence de l'Isacp, Bloomington, 31 mai 2000.
- UPHOFF N., 1998. Community-based natural resource management : connecting micro and macro processes, and people with their environments. International Workshop on Community-Based Natural Resource Management, Washington DC, 10-14 mai 1998, 42 p.

La gestion des périmètres irrigués

Méthodologie de diagnostic

Cas d'un transfert de gestion : les associations d'usagers du périmètre du N'Fis (office du Haouz, Maroc)

Geneviève JOLLY

Idemec– Mmsh, Institut d'ethnologie méditerranéenne et comparative – Maison des sciences de l'homme, Aix-en-Provence, France

Résumé — L'article développe une méthodologie de diagnostic ayant pour ambition de cerner et de comprendre les problèmes posés dans le cadre des opérations de transfert de gestion au profit d'associations d'usagers sur les grands périmètres irrigués. Elle est présentée à travers l'exposé d'une étude de cas, le périmètre du N'Fis au Maroc, particulièrement riche du point de vue hydraulique. La première phase d'investigation s'intéresse au fonctionnement actuel du périmètre autour de trois points : structure du réseau, principes et opérations de gestion, position des acteurs. L'étude est menée à différents niveaux, du réseau dans son ensemble à des sous-unités représentatives sur lesquelles peuvent être décortiqués les rouages intimes du fonctionnement, dépassant le discours pour entrer dans l'observation, l'histoire, la confrontation des éléments. Cette première phase permet d'identifier des « nœuds » de fonctionnement, de comprendre les causes des dysfonctionnements, de cerner les contraintes et blocages, ainsi que de mettre en lumière des latitudes de fonctionnement et des savoir-faire intéressants dans le cadre d'une réorganisation des tâches de gestion. La deuxième phase exploite ces résultats pour répondre à la question de développement posée « comment rendre les associations d'usagers du N'Fis plus opérationnelles ? ». Après avoir cerné les raisons de la faible place qu'elles occupent actuellement, l'auteur envisage les fonctions qu'elles pourraient prendre pour améliorer la gestion de l'eau sur le périmètre, et avance des conseils quant aux conditions de réalisation du transfert de gestion.

Abstract - Irrigation system management – a diagnostic methodology. This paper focusses on a diagnostic methodology, developed in order to determine and understand problems occurring during irrigation management transfert dedicated to water users associations acting with big scale irrigation systems. It is based on a case study of N'Fis region in Morocco, which reveals an exceptionnally rich hydraulic system. The initial phase analyses the present running of the system focussing on 3 aspects : network structure, management rules and process, and actors involvement. The scheme develops different scales, from the study of the general network to most representative small units on and after which it will be possible to start real observation of local history and confrontation of various elements. This initial phase intends to identify operating princips, to understand cases of bad running operating systems, to analyse pressures and mental blocks or human reticenses, and furthermore to enlighten interesting local knowledges which could be very usefull to the management reorganization. A second phase based on these results is conducted to answer positively to the question "what is to be done to transform the N'Fis water users associations into more efficient units?". After the poor involvement of the water user associations at present has been analyzed, the author presents the leading role that N'Fis water user associations could easily play to improve water management. She also gives some advice about the necessary context to be created for proper management transfert.

Depuis sa création, l'unité d'enseignement et de recherche « Gestion sociale de l'eau » s'intéresse au rôle des « communautés d'irrigants » dans les processus de gestion des périmètres irrigués collectifs¹. Une méthodologie d'approche pluridisciplinaire s'est peu à peu affinée, profitant des acquis des multiples études menées de par le monde. Fondée sur la compréhension des rouages intimes du fonctionnement des périmètres irrigués, elle offre une capacité de réponse pertinente et opératoire face aux différents problèmes de gestion rencontrés. Mise au point sur les périmètres qualifiés de « traditionnels », la méthodologie de diagnostic s'applique particulièrement bien sur les grands périmètres gérés par des instances administratives, dans la situation actuelle généralisée de désengagement des Etats au profit de « communautés d'irrigants »².

La méthodologie de diagnostic présentée ici (encadré 1) a été élaborée à l'occasion d'un stage collectif d'étudiants réalisé au Maroc au printemps de l'année 2000, avec pour objectif l'établissement d'un diagnostic et l'avancement de propositions concernant la mise en place et le fonctionnement des Associations d'usagers d'eau agricole (Auea) dans le périmètre irrigué du N'Fis, géré par l'office régional de mise en valeur agricole du Haouz (OrmvaH)³.

La première phase d'investigation, menée avec une certaine distance par rapport à la question concrète posée, paraît constituer un préalable à toute réflexion concernant un périmètre irrigué : elle se donne pour objectif de comprendre la réalité du fonctionnement actuel du périmètre. Suivant le temps imparti à l'étude et le type de problème à résoudre, elle peut être menée de manière plus ou moins approfondie. Elle permet la prise de recul nécessaire à un diagnostic éclairant et fournit l'essentiel des éléments qui pourront être exploités pour apporter des réponses aux problèmes posés ou mis en évidence.

Si cette première phase a une portée générale et peut être appliquée, de manière plus ou moins remaniée, à toute situation irriguée, la deuxième phase concerne en revanche la question concrète posée dans le cas de l'étude menée sur le périmètre du N'Fis : « comment rendre les Auea plus opérationnelles ? ».

On présentera simultanément la justification théorique et la portée de la méthodologie employée, ainsi que la façon dont elle a été appliquée et les résultats obtenus dans le cadre de l'étude sur le N'Fis. Cette situation, très riche d'un point de vue hydraulique, fut étudiée dans un contexte particulièrement contraignant, celui d'un stage collectif d'étudiants⁴ ; la portée de l'analyse des résultats obtenus constitue une validation expérimentale de la méthodologie employée.

Première phase : comprendre les modalités de gestion de l'eau sur le périmètre

Le recueil des données concerne les trois points principaux suivants :

- l'organisation du réseau hydraulique ;
- les principes et opérations de gestion ;
- les acteurs et leur position.

L'organisation du réseau

Les ressources en eau et leur mobilisation – définition de l'échelle d'investigation

Le statut accordé à l'eau (généralement considérée comme un bien commun ou public), ainsi que les caractéristiques physiques particulières de ce bien (caractère plus ou moins aléatoire, inscription dans des cycles écologiques, modalités de circulation partiellement maîtrisées...) font que le choix d'une unité

1. Spécialisation créée au Cnearc en 1992 par J.-L. Sabatier.

2. On entend par « communauté d'irrigants » l'ensemble des irrigants d'un périmètre ou d'une sous-unité de celui-ci.

3. Stage de deux semaines sur le terrain dirigé par T. Ruf, et co-encadré par M. El Faïz, A. Herzenni, M.-J. Vallony et G. Jolly, regroupant des étudiants du Centre national d'études agronomiques des régions chaudes de Montpellier, de la faculté de droits et sciences économiques de Marrakech et de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II de Rabat.

4. Un rapport de synthèse a été rédigé et déposé dans les différentes institutions partenaires du stage : Gestion de l'eau dans le N'Fis (Haouz de Marrakech) et mise en place des associations d'usagers d'eau agricole, rapport de synthèse rédigé par G. Jolly, Cnearc, Iav Haasan II, Faculté de droit et sciences économiques de Marrakech, juin 2000. Une annexe cartographique lui est jointe (réalisée par S. Vallejo, Ird-Cnearc Montpellier).

d'étude pertinente pour le recueil des données est primordial. Les stratégies des acteurs en matière de gestion des ressources hydrauliques peuvent d'autre part dépasser le simple cadre du réseau sur lequel porte la question de développement, et leur comportement en la matière avoir des répercussions importantes sur le fonctionnement du réseau envisagé. La mobilisation de l'eau peut enfin entrer dans un schéma socio-économique plus vaste de gestion des ressources.

Le périmètre du N'Fis était particulièrement éclairant de ce point de vue. Situé aux portes de Marrakech, il constitue la sous-unité la plus occidentale du vaste périmètre du Haouz, géré par l'office du Haouz, et couvre un peu plus de 20 000 ha (figure 1). Dans le N'Fis, l'histoire hydraulique remonte à huit siècles et on y trouve, outre le réseau collectif sous pression géré par l'Ormvaah, de grands réseaux d'irrigation gravitaires réalimentés par le barrage Lalla Takerkoust établi à l'amont de l'oued N'Fis, des réseaux gravitaires de crue, d'autres alimentés par des galeries drainantes (les *khattara*), et enfin un grand nombre de forages privés et quelques forages collectifs (figure 2). Le réseau collectif sous pression, mis en eau à partir du début des années 90, a pour vocation de se substituer aux *segua*⁵ réalimentées (sur les zones non aménagées, d'autres *segua* font l'objet d'opérations de réhabilitation pour être conservées) ; les dotations en eau fournies étant cependant limitées et sujettes à des restrictions relativement importantes, le complément apporté par les réseaux gravitaires et les forages reste fondamental. D'autre part, en ce qui concerne le cycle écologique de l'eau, les pratiques d'irrigation gravitaires assurent l'essentiel de la réalimentation de la nappe dont la principale exportation est celle effectuée par les forages. Enfin, le réseau collectif sous pression et les réseaux gravitaires réalimentés dépendent pour partie de la même ressource : le barrage Lalla Takerkoust⁶.

Tous ces réseaux, présents sur une même zone, la plaine du N'Fis, participent à l'alimentation d'un même périmètre. Leurs structures sont souvent étroitement imbriquées et des eaux de différentes provenances peuvent emprunter des ouvrages communs : partiteurs, canaux de distribution... (figure 3). Même si la question posée ne portait que sur l'un d'entre eux, le réseau collectif sous pression, la réflexion ne pouvait faire abstraction des autres, d'autant plus que les « communautés d'irrigants » actuelles sont les héritières d'une histoire hydraulique gravitaire pluriséculaire.

Ces remarques justifient le choix d'une investigation à différents niveaux. Le premier niveau, le plus général, doit englober la diversité des ressources en eau exploitées en prenant en compte le cycle écologique de celles-ci. L'identification des diverses pratiques hydrauliques correspondant à ces différentes ressources, permet ensuite le choix raisonné d'un nombre limité de terrains représentatifs pour une investigation plus approfondie.

Dans le cadre de l'étude, un premier choix, suite à une courte mission de préparation, a porté sur trois terrains (figure 2) :

- deux Auea du réseau collectif sous pression, l'une qualifiée par les gestionnaires de dynamique (Tazakourt), l'autre de non fonctionnelle (Ben Toumi) ;
- un terrain plus large (depuis le Cgr⁷ de Loudaya) comprenant les zones non-aménagées (*segua* Tamesgliet et Agafay) et en cours d'aménagement (secteur N4), au sein desquels de nouveaux choix de terrains d'investigation ont ensuite été effectués, au fur et à mesure de l'avancement des découvertes et de la compréhension.

Structure des réseaux

La structure physique des réseaux est un élément important de la compréhension de leur fonctionnement : elle conditionne notamment les volumes d'eau mobilisables, les capacités de transport. Leur étude permet également l'identification des lieux de pouvoir et de décision, comme les vannes d'ouverture-fermeture ou de partage de l'eau, sur lesquels s'appuie l'organisation de la gestion de l'eau. Elle conditionne la gamme des possibles en matière de gestion. Une bonne connaissance de la structure du réseau constitue enfin une base fondamentale de discussion avec les gestionnaires et les usagers, un

5. Canaux gravitaires.

6. Le réseau collectif sous pression est en outre alimenté par un transfert interbassin réalisé par le Canal Rcade (figure 2).

7. Centre de gestion des réseaux.

moyen de comprendre et d'interpréter leur discours, de se faire comprendre et de poursuivre le questionnement au-delà des premières réponses données.

D'un point de vue méthodologique, la lecture de plans, s'ils sont disponibles, ne doit pas faire négliger des observations directes sur le terrain : la situation réelle peut différer sensiblement, et des éléments importants peuvent ne pas apparaître sur les plans (chevelu du réseau de distribution, interférences entre différents types de réseaux...). Les entretiens avec les gestionnaires et les usagers permettent de saisir l'usage qui est fait de la structure physique.

Cette méthodologie, appliquée au réseau collectif sous pression du N'Fis, a permis de dégager les points importants suivants⁸.

- La structure de distribution gérée par l'Ormvah s'arrête au niveau de bornes collectives dont l'eau peut être utilisée sous pression⁹ ou être véhiculée jusqu'aux parcelles de manière gravitaire par l'ancien réseau de distribution des *seguia* ; la borne constitue le dernier lieu de contrôle de l'eau par des vannes cadenassées. A chaque borne est associé le périmètre qu'elle dessert, et le débit de la borne est fonction de l'étendue de ce périmètre¹⁰.
- Une régulation dynamique sur les adducteurs principaux permet une réponse rapide aux variations de la demande en eau ; la capacité des adducteurs secondaires et tertiaires ne permet cependant pas l'ouverture simultanée de toutes les bornes.
- L'offre en eau du réseau est limitée par les capacités de stockage des barrages, eux-mêmes soumis à un aléas climatique saisonnier et interannuel important. Les performances du réseau sont d'autre part limitées par la qualité de l'eau, dont la forte charge en matières solides (due aux caractéristiques des bassins versants) entraîne divers problèmes techniques : envasement des barrages, des canaux, pannes aux bornes, dysfonctionnement des appareils d'irrigation sous pression...

En ce qui concerne les réseaux gravitaires réalimentés du N'Fis, on retiendra qu'il s'agit de réseaux desservant de vastes périmètres (de 1 000 à plus de 10 000 ha) et véhiculant de gros débits (de 500 à plus de 1 000 l/s pour les *seguia* les plus importantes). Les mains d'eau acheminées jusqu'aux tertiaires voire jusqu'aux parcelles peuvent y être considérables : jusqu'à plusieurs centaines de litres par seconde. Ces réseaux dépendent aujourd'hui tous des lâchers du barrage pour leur alimentation.

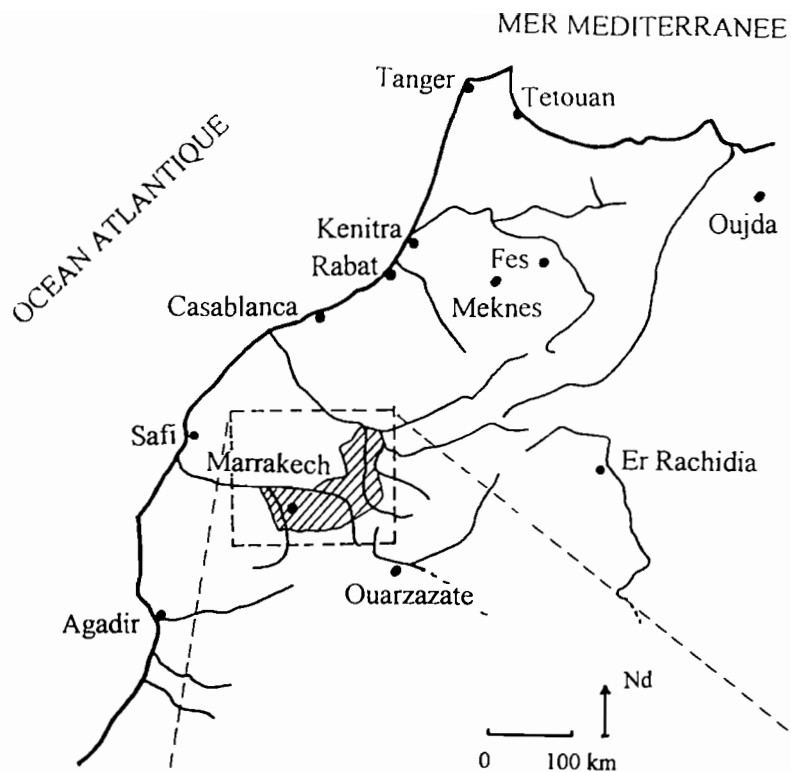
Histoire des réseaux et histoire socio-politique

La structure des réseaux, tout comme leurs règles de gestion, ne sont pas uniquement le fruit d'une rationalité technique. Elles sont aussi l'expression de relations de pouvoir et de force entre acteurs, de principes de gestion émanant de choix culturels et politiques. Mais elles subissent également une autre particularité, celle d'une certaine immuabilité, qui fait que les choix d'une époque s'inscrivent dans la structure comme dans les règles de gestion pour perdurer bien que les circonstances ayant dirigé ces choix aient évolué. Les réseaux d'irrigation cristallisent dans leur structure et leurs règles de gestion les caractéristiques d'une histoire sociale aujourd'hui plus ou moins révolue. Remonter dans l'histoire des réseaux permet ainsi de dévoiler les fondements de nombre de leurs caractéristiques actuelles, mais aussi de mesurer l'ampleur et la nature des mutations qu'ils ont pu connaître, donnant une idée de leur capacité d'adaptation à des conditions nouvelles.

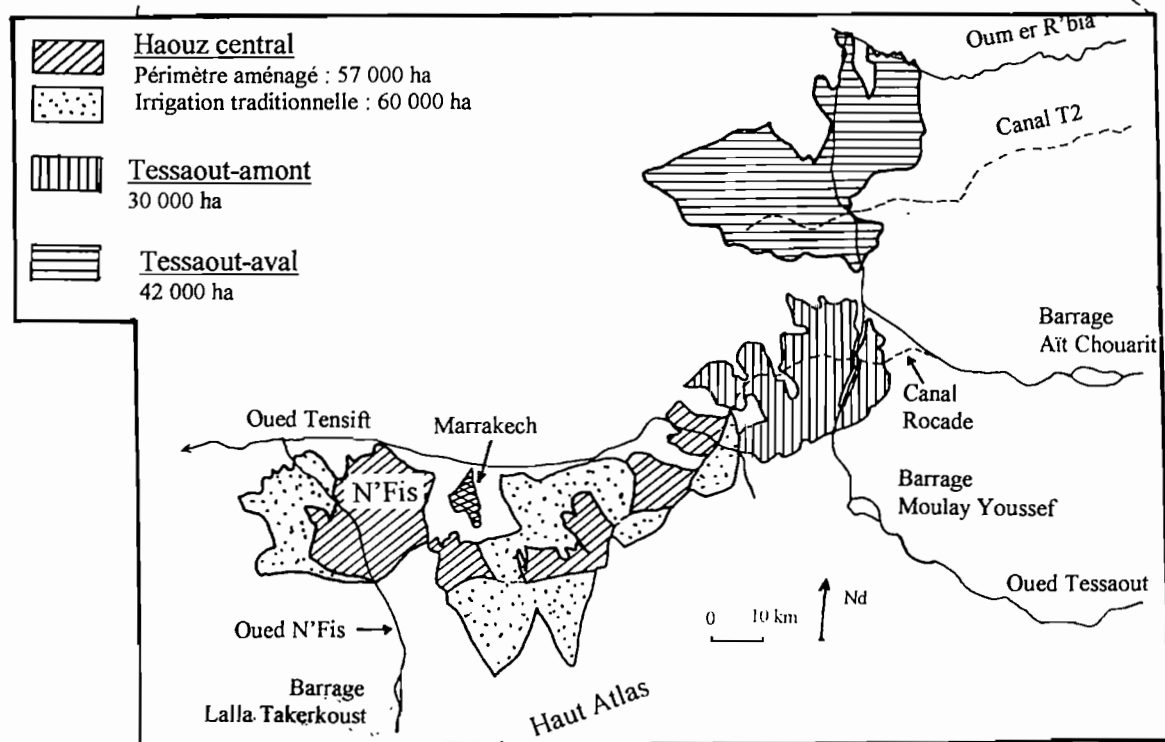
8. Les caractéristiques données correspondent à celles de la première tranche d'aménagement, en rive droite du N'Fis ; le secteur N4 (en cours de mise en eau au printemps 2000) comporte quelques spécificités.

9. Pour la mise en pression est utilisé un dénivelé naturel.

10. Sur les zones étudiées, le débit des bornes pouvait varier de 5 à 160 l/s.

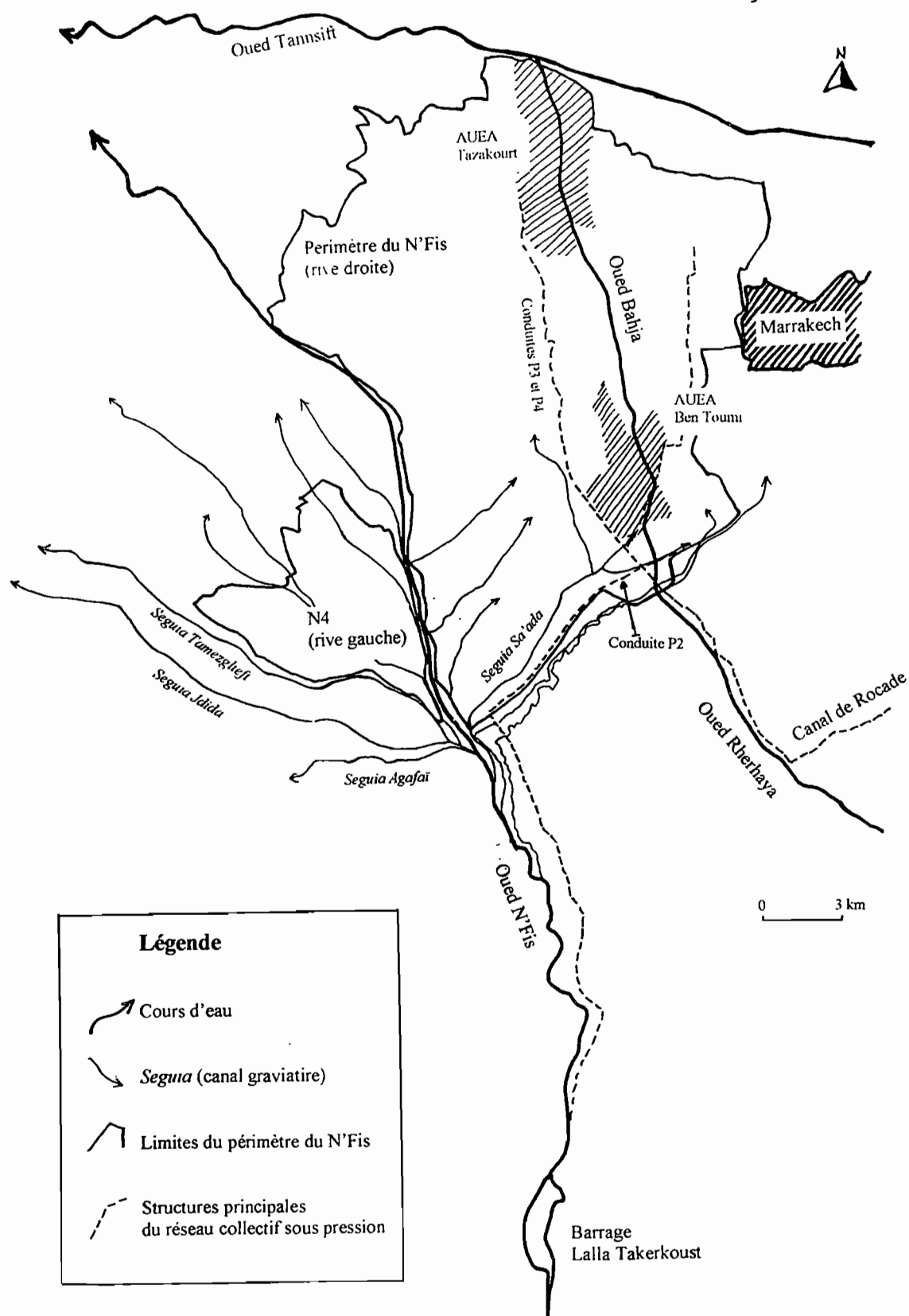


Carte de situation : le périmètre de l'ORMVAH au Maroc



(d'après Ducreq M, Zerhouni M, 1986, « Aménagement du périmètre du N'Fis », p334)

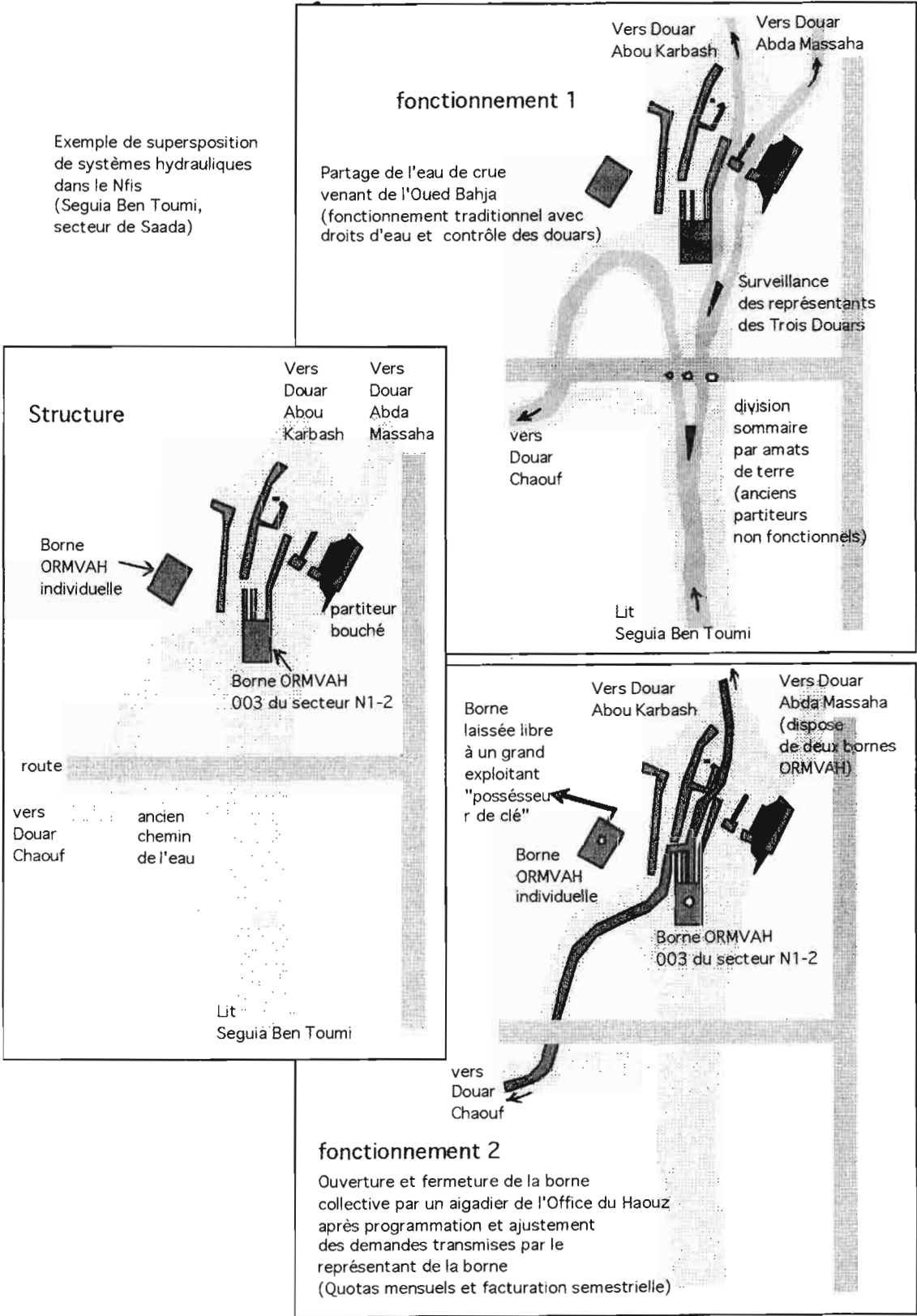
Figure 1. Les périmètres d'aménagement de l'Ormva.



(d'après les cartes de S. Vallejo – annexe cartographique au rapport de synthèse « Gestion de l'eau dans le N'Fis ... », 2000)

Figure 2. Le périmètre du N'Fis.

Exemple de supersposition
de systèmes hydrauliques
dans le Nfis
(Seguia Ben Toumi,
secteur de Saada)



(extrait de : RUF T. & al., 1999, Rapport de mission CNEARC-IRD au Maroc, 20-27 octobre 1999, p15)

Figure 3. Une superposition de systèmes hydrauliques.

Dans le N'Fis, le réseau sous pression est particulièrement récent, mais sa conception s'est étalée sur tout un siècle et il s'inscrit au sein d'une histoire hydraulique pluriséculaire¹¹. Les Almoravides ont introduit la technique de la galerie drainante dans le Haouz au début du XII^e siècle, suite à la création de la ville de Marrakech. Les Almohades ont développé cette technique, et mis en œuvre la construction des grandes *seguia* captant les cours d'eau au pied de l'Atlas pour en diriger le flux vers la plaine. Les modalités de gestion de l'eau sur les *seguia* ont évolué au cours des siècles suivants, au gré des rapports de force entre pouvoir central installé en plaine et tribus montagnardes occupant les territoires de captage et de transport de l'eau. Au XIX^e siècle, des tribus démantelées ont été autoritairement déplacées et installées sur des périmètres de la plaine dont d'autres tribus avaient été chassées, selon des principes d'allotissement attribuant, à chaque famille, foncier et droits d'eau. L'établissement religieux de la *zaouïa* de Tamesloht a vu son importance foncière et surtout hydraulique croître jusqu'au XIX^e siècle. Durant le protectorat, une partie importante des droits d'eau a été spoliée au profit des colons, mais aussi des chefs locaux imbus de pouvoir, et en premier lieu le Pacha de Marrakech. La principale évolution concernant la structure du réseau fut la construction sur l'oued N'Fis du barrage Cavagnac (rebaptisé Lalla Takerkoust), achevé en 1935.

Ainsi, si le réseau hydraulique a sans doute peu évolué dans sa structure au cours de ces siècles, l'attribution de ses eaux a suivi celle des pouvoirs politiques, religieux et économiques.

Les principes et opérations de gestion

Les principes qui commandent les modalités de gestion sont l'objet de choix politiques et culturels. Les principes ne sont pas toujours compris de la même façon par les différents acteurs, et peuvent être plus ou moins respectés dans les modalités de leur application sur le terrain. Trois points d'investigation ont également été définis permettant de couvrir la question de la gestion de l'eau, des principes aux applications concrètes, permettant une écoute du point de vue des différents acteurs, des gestionnaires centraux aux irrigants en passant par les agents de terrain :

- décrypter les principes de gestion : par entretiens avec les responsables de la gestion, lectures bibliographiques relatives aux politiques gouvernementales ainsi qu'aux caractéristiques sociales locales ;
- effectuer le relevé précis des opérations de gestion (en particulier celles de distribution de l'eau) : auprès des différents niveaux administratifs et/ou collectifs ;
- réaliser sur le terrain l'observation des pratiques concrètes : en suivant le déroulement des opérations auprès des agents de terrain et irrigants, et en s'entretenant avec eux.

Le réseau collectif sous pression du N'Fis

Dans le N'Fis, l'investigation concernant la gestion de l'eau a porté principalement sur le réseau géré par l'Ormvah et de manière moins approfondie sur les *seguia* traditionnelles. On exposera successivement les points importants concernant les deux situations.

- L'Etat fut à l'initiative de la politique de grande hydraulique dans les années 60, puis de la politique de gestion participative depuis une dizaine d'années. Les objectifs de la politique économique à l'origine des opérations hydrauliques, à savoir l'augmentation et la sécurisation de la production agricole, doivent cependant, comme le fait remarquer N. Bouderbala¹², composer avec ceux de la politique sociale, notamment maintenir une population rurale et conserver le contrôle politique ; les choix semblent alors osciller entre « apporter l'eau au plus grand nombre », et « favoriser les plus productifs ».

11. Le résumé de l'histoire hydraulique du Haouz, et du N'Fis en particulier, a été réalisé à partir des enseignements de Med El Faïz et de l'ouvrage de Paul Pascon, le Haouz de Marrakech (1977).

12. « Logique foncière de l'Etat et logiques foncières des exploitants dans les grands périmètres d'irrigation au Maroc », 1986.

Dans un contexte de rareté de la ressource, les choix en matière de gestion sont également dirigés par un souci de réaliser des économies d'eau. Les techniques d'irrigation sous pression ou localisée sont en conséquence valorisées.

La situation foncière et hydraulique préexistante dans le N'Fis a enfin contraint le choix des systèmes :

- les aménagements ont dû respecter une situation foncière complexe aux statuts de propriété variés, ainsi que d'importantes superficies en vergers ;
- les traditions d'irrigation gravitaires étaient bien implantées.

La ressource est allouée selon un principe d'équité correspondant à une dotation fixe à l'hectare : il répond à une rationalité agronomique, et veut aller à l'encontre des stratégies d'accumulation de droits d'eau ; les transactions entre irrigants sont interdites. Concernant le volume annuel des dotations, le choix a porté sur la couverture des besoins de l'olivier (6 800 m³/ha/an), culture fortement implantée sur la zone, dotation qui permet également de couvrir les besoins des céréales (4 500 m³/ha/an). Le système de distribution se veut le plus proche possible de la demande, afin de répondre aux particularités culturelles de chacun (en matière de choix des cultures et travaux culturaux). L'eau consommée est facturée individuellement, à un tarif fixé par l'Etat. La sanction pour non-respect des règles, et en particulier non-règlement de la facture, est la coupure d'eau.

Le souci du respect de l'équité de la distribution, ainsi que celui de la facturation individuelle de l'eau, sont confrontés à une réalité physique du réseau qui n'offre aux gestionnaires des moyens de contrôle direct que jusqu'à la borne collective. D'autre part, le principe de distribution à la demande se heurte aux capacités limitées des adducteurs qui imposent la programmation d'une rotation d'ouverture des bornes. Pour dépasser ces contradictions fonctionne un lourd système de programmation mensuelle de la demande et de contrôle de sa réalisation, mettant en œuvre différents niveaux de décision : le siège de l'Ormvah, les centres de gestion des réseaux qui dépendent du siège et réalisent sur leur secteur d'attribution les différentes tâches de gestion de l'eau, et les « représentants de bornes », agriculteurs élus par leurs pairs, chargés bénévolement de la distribution de l'eau au-delà de la borne¹³.

Les différentes opérations concernant la programmation sont les suivantes :

- fixation de la dotation mensuelle par le siège de l'Ormvah : elle correspond en principe au 1/12 de la dotation annuelle, mais elle peut être revue à la baisse en fonction de l'état de remplissage des barrages ;
- transmission au Cgr par le « représentant de borne » des desiderata des agriculteurs en matière de répartition de leur dotation sur le mois ; négociations avec le chef de section du Cgr qui établit la programmation des différentes bornes en organisant la rotation d'ouverture des bornes, la tournée des aygadiers, et en veillant au respect des dotations individuelles ; des modifications de la programmation peuvent être ensuite demandées en cours de mois moyennant un délai minimum de 48h ;
- transmission du tableau de programmation des bornes au siège de l'Ormvah ;
- ouverture des bornes programmées effectuée au quotidien par une équipe d'aygadiers.

Les opérations de distribution sont simplifiées dans le cas où un agriculteur, jouissant d'une borne individuelle¹⁴, a passé un contrat avec l'Ormvah et manipule lui-même sa vanne d'ouverture. Il jouit alors du privilège de pouvoir organiser la répartition de sa dotation annuelle sur les différents mois de l'année, et est exempté de la déclaration mensuelle prévisionnelle d'ouverture de sa borne. L'aygadier veille uniquement au non-dépassement de la dotation mensuelle. Ces irrigants privilégiés sont dénommés « possesseurs de clefs ».

Ce schéma idéal de déroulement des opérations est entravé dans sa mise en pratique par un certain nombre de problèmes techniques dont les principaux, qui apparaissent de manière récurrente, sont les suivants :

- les débits délivrés par les bornes sont souvent trop faibles pour pouvoir être véhiculés correctement de manière gravitaire jusqu'aux parcelles¹⁵ ;

13. Certains représentants sont rémunérés par les irrigants de la borne, selon diverses modalités.

14. C'est le cas des exploitations d'une superficie supérieure à 50 ha, ou dont les propriétaires se sont équipé d'une « borne supplémentaire ».

15. Sur la zone investiguée, certaines parcelles sont situées à plus de 2 km de la borne.

- la charge importante en matière solide de l'eau entraîne des pannes fréquentes des compteurs et programmeurs aux bornes ;
- le débit réel aux bornes est souvent largement inférieur au débit théorique (attribué à des problèmes d'obturation des filtres ou des baisses de pression).

Ces dysfonctionnements techniques ont des répercussions importantes en ce qui concerne la gestion de l'eau. Les difficultés de transport entraînent des pertes en volume d'eau et en temps d'irrigation. Les pannes de programmeur obligent l'aygadier à repasser pour fermer manuellement la borne, et obligent en conséquence à programmer cette fermeture pendant ses horaires de travail (et donc souvent à regrouper les demandes en eau). Les problèmes de diminution de débit ont des répercussions sur le volume des dotations et l'organisation de la répartition de l'eau : si le programmeur, qui mesure des volumes, fonctionne, une rallonge automatique du temps de distribution compensera la baisse de débit, mais ce temps de rallonge, non connu a priori, posera des problèmes de répartition entre ayants droits ; si le programmeur ne fonctionne pas, une demande de rallonge devra être déposée auprès du Cgr.

D'autre part, la gestion de l'eau après la borne ne répond pas toujours à l'organisation collective prévue. La notion générique de borne cache tout d'abord des situations fort diverses : certaines bornes sont individuelles, quand d'autres, de gros débit, desservent plusieurs centaines d'usagers dans des zones de micro-propriété. Du point de vue de la gestion de l'eau, on peut distinguer cinq types de situations : borne individuelle soumise à la programmation mensuelle, borne individuelle de « possesseur de clef », borne collective où tous les irrigants sont représentés par leur représentant, borne collective sans représentant, borne collective où seulement une partie des irrigants est représentée par le représentant. Dans les deux derniers cas, il s'agit généralement de bornes où des mésententes empêchent le fonctionnement collectif et les irrigants non représentés collectivement réalisent alors une programmation individuelle auprès du Cgr.

On constate ainsi que le Cgr a aussi pour fonction, de fait, de gérer une nécessaire adaptation d'une partie de ses missions, pour pallier les défaillances du système.

Les *seguia* réalimentées du N'Fis

Dans le cadre d'une réflexion sur la prise en charge de tâches de gestion de l'eau par des usagers, l'exemple des grandes *seguia* dites traditionnelles du N'Fis ne pouvait être passé sous silence.

L'eau y est globalement disponible en quantité plus limitée que sur le réseau collectif sous pression, puisque les dotations accordées à l'année vont de 1 500 à 4 000 m³/ha. Les tours d'eau sont de 20 jours pour les *seguia* étudiées. L'accès à l'eau est gratuit, seul un investissement en main-d'œuvre étant imposé pour les corvées d'entretien. Des cotisations exceptionnelles peuvent être levées pour des travaux particuliers. L'administration n'exclut cependant pas à terme de facturer la délivrance d'eau en tête de *seguia*.

La gestion générale du périmètre repose sur les épaules d'un *amazza*, agriculteur élu par les usagers, aidé dans ses fonctions par des *forag* au niveau de chaque secondaire ou de chaque périmètre villageois. L'*amazza* veille notamment sur l'application générale du tour d'eau, et gère les échanges et les ventes d'eau entre particuliers, adaptant la distribution aux transactions passées.

L'alimentation en tête dépend des lâchers d'eau du barrage, décidés, en négociation avec les administrations, pour des périodes de 12 jours. Une programmation annuelle est réalisée en début de saison, et des lâchers supplémentaires peuvent être effectués au vu des conditions météorologiques, sous la pression des irrigants. Ceux-ci sont représentés par deux élus, choisis parmi les « gros bonnets » de l'agriculture.

Signalons que lors de la réalisation des allotissements au siècle dernier, le principe retenu pour l'allocation des droits d'eau était celui d'une dotation égale par foyer (indépendamment de la superficie) ; l'objectif politique de ce choix était d'éviter la reconstitution de chefferies s'appuyant sur un potentiel foncier et hydraulique.

Jusqu'à l'achèvement du barrage, les *seguia* ont connu un double fonctionnement, en période de crue et en période d'étiage, se traduisant par une double notion de périmètre et des règles différentes d'attribution de l'eau. La mobilisation d'eaux de crue a nécessité un dimensionnement important des ouvrages, et a permis l'aménagement de périmètres de grande superficie, mais inégalement irrigués : près des villages, ou sur les terres des détenteurs de droits sur les eaux d'étiage, pouvaient être pratiquées des cultures pérennes comme

les vergers, le reste du périmètre, ne jouissant que des eaux de crues, étantensemencé en céréales. Aussi, les dotations en eau moyennes sur l'ensemble du périmètre étaient elles très faibles au siècle dernier.

Le cas des *seguia* traditionnelles nous offre des exemples remarquables où la gestion d'ouvrages hydrauliques de grande envergure est aux mains des usagers. Les bouleversements sociaux, politiques et hydrauliques de la zone au cours des siècles montrent la longévité de ces systèmes, en même temps que leur adaptabilité. Outre l'intérêt en soi de ces structures (qui motivent sur certaines zones leur reconnaissance et des travaux de réhabilitation techniques de la part de l'Etat), ces exemples ne peuvent que nous laisser optimistes quant aux capacités des irrigants à prendre en charge la gestion de l'eau sur des réseaux complexes, et ce, en coordination avec des administrations contrôlant l'accès à la ressource. En ce qui concerne les Auea, il ne faut donc pas s'arrêter à la question des capacités, toujours mise en avant (capacité technique, d'organisation, de gestion financière...), mais pousser l'investigation plus loin pour déterminer les conditions de prise en charge de fonctions de gestion de l'eau par des associations d'usagers. C'est ce que la deuxième phase de l'investigation a tenté de faire.

Caractérisation des acteurs et de leur position

C'est principalement lors du questionnement concernant les principes et la réalité de la gestion de l'eau qu'apparaissent des classes d'acteurs aux rôles et intérêts spécifiques. Les enjeux d'une modification de gestion ne sont pas les mêmes pour chacun d'entre eux. Dans le cas du N'Fis, cinq types principaux d'acteurs ont pu être identifiés : l'Etat, le siège de l'office, les Cgr et leurs agents de terrain et enfin les « gros » et les « petits » exploitants agricoles.

L'Etat, l'Ormva et les Cgr

Comme on l'a vu, c'est l'Etat qui fixe les grands principes de gestion ; les offices régionaux veillent à leur application ; les Cgr gèrent les relations avec les usagers, et notamment les modalités d'adaptations aux défaillances du système.

Les exploitants agricoles : les « gros » et les « petits »

Quant aux irrigants, les usagers comme les gestionnaires les classent en deux catégories principales : les « gros » et les « petits »¹⁶. Les intérêts de ces deux classes diffèrent profondément, mais leur rôle et leur traitement aussi.

Les « gros » agriculteurs disposent d'une exploitation de superficie importante, des moyens de réaliser des investissements, et généralement d'une certaine importance politique au niveau régional. Ils pratiquent des cultures de rentes (principalement arboriculture et maraîchage), leur objectif étant de faire fructifier un capital. Pour compléter la dotation en eau fournie par l'Ormva, ils disposent de forages qui leur donnent en outre une certaine indépendance vis-à-vis des restrictions que peut subir la dotation en cours d'année. Ils n'utilisent le réseau collectif que dans la mesure où le coût de revient de l'eau sur les forages est plus important que la redevance prélevée par l'Ormva, d'autant que la qualité de l'eau de la nappe est meilleure que celle du réseau.

Ils jouissent d'une image positive auprès de l'Ormva, représentant même le partenaire idéal, producteur de surplus, assurant une bonne rentabilité de l'eau à la plante par des techniques d'irrigation localisées ou d'aspersion. Leur dépendance importante vis-à-vis des forages n'est cependant pas à négliger : elle les rend étroitement dépendants de l'équilibre de la nappe, sans qu'ils participent à son maintien, leurs prélèvements excédant leurs restitutions¹⁷. Les forages leur donnent en outre une certaine indépendance vis-à-vis du réseau collectif, dont ils peuvent se désolidariser (et certains l'ont fait).

16. Sur l'un des secteurs étudié, la taille des exploitations varie de 0,5 à 350 ha.

17. La rupture de cet équilibre, entraînant une baisse importante du niveau de la nappe, avait mis les vergers du N'Fis en danger avant les aménagements ; depuis, le niveau de la nappe est remonté.

Ils bénéficient également d'un accès à l'eau privilégié sur le réseau collectif par la mise à disposition de bornes individuelles, et l'octroi d'une liberté de manœuvre bien supérieure aux autres irrigants pour l'utilisation de leur dotation annuelle. Remarquons que le principe d'équité fondé sur une dotation fixe à l'hectare confirme les inégalités foncières et financières (les propriétaires de grosses exploitations ayant également les moyens d'investir dans un forage).

Les petits agriculteurs cultivent (sous diverses formes de propriété ou de location) des exploitations de superficie réduite, associant souvent l'élevage à l'agriculture. Leurs préoccupations sont de nature vivrière. Ils ne disposent d'aucun capital à investir mais d'une main-d'œuvre non rémunérée et continuent de pratiquer une irrigation gravitaire. Ils forment la large majorité des irriguants, en nombre et en superficie.

Ces petits exploitants, desservis par des bornes collectives, perdent une partie importante de leur dotation en raison :

- des contraintes de la programmation anticipée de leur consommation ;
- des dysfonctionnements divers de la borne ;
- des problèmes d'acheminement de l'eau jusqu'à la parcelle ;
- des infiltrations vers la nappe.

Leurs cultures ne bénéficient aussi que d'une partie de la dotation qu'ils paient. Ne disposant pas de forages, ils dépendent étroitement du réseau collectif et doivent intégrer un facteur de risque lié à celui-ci : les restrictions apportées aux dotations en période de sécheresse, sans parler de la menace de coupure d'eau en cas de non-paiement qui compromet alors la récolte et les condamne à l'abandon.

Ils utilisent par contre au maximum les eaux de crue des oueds non régularisés, ainsi que l'eau des *segua* encore réalimentées, réalisant pendant les périodes de crue des économies sur le réseau collectif sous pression. Enfin, par leurs pratiques d'irrigation gravitaire, ils rendent un service collectif en assurant la réalimentation de la nappe¹⁸.

Ils jouissent pourtant d'une image fortement négative : leurs exploitations ne répondent pas aux critères agronomiques scientifiques, ils sont accusés de mal valoriser l'eau d'irrigation, leur grand nombre et la faiblesse des intérêts qu'ils représentent individuellement ne favorisent pas le dialogue... L'administration ne leur accorde aucune confiance, et ils n'ont pas confiance en eux pour défendre leurs intérêts, nommant systématiquement de gros exploitants aux postes de représentation.

Identification de points clés pour une modification des modalités de gestion

Les données recueillies permettent de comprendre les principes de fonctionnement du réseau analysé ainsi que la position qu'y occupent les acteurs. Pour envisager les possibilités d'une modification des modalités de gestion, en l'occurrence l'attribution d'une partie des tâches de gestion à des associations d'irrigants, il paraît primordial d'identifier, concernant la situation actuelle, les « nœuds » de fonctionnement, les causes de dysfonctionnement, les contraintes et blocages, ainsi que les latitudes de fonctionnement et les savoir-faire. Les trois premiers aspects pointent les lieux où doit principalement porter l'attention pour qu'une modification de gestion puisse se traduire par une amélioration ; les deux points suivants mettent la lumière sur des marges de manœuvre pouvant être mises à profit.

L'analyse des données récoltées lors de notre séjour dans le N'Fis conduit à avancer un certain nombre d'idées non explicitement exprimées par nos interlocuteurs, et qui paraissent importantes pour faire progresser la réflexion sur la mise en place et le fonctionnement d'Auea. Etant donné le temps restreint passé à l'investigation, ces pistes de réflexion restent indicatives et demanderaient à être complétées.

18. Voir les évaluations effectuées par Paul Pascon, le Haouz de Marrakech, 1977, p. 50-58.

« Nœuds » de fonctionnement

On a montré qu'à l'heure actuelle, un « nœud » essentiel de fonctionnement se situait au niveau de la borne, limite théorique du partage des tâches de gestion entre usagers et office. On a également montré les conséquences d'une transgression de cette limite par une volonté de contrôle des pratiques individuelles de la part de l'office¹⁹. A l'amont de la borne, les rapports entre office et usagers sont réglés autour de la notion de « clef », celle qui assure le contrôle des vannes ; elle constitue le moyen pour l'office de faire respecter ses décisions en matière de distribution de l'eau et de facturation. Au-delà de la borne, c'est le principe de la programmation qui permet à l'office de réaliser le contrôle individuel des dotations consommées. La programmation est envisagée comme le prolongement de la « clef » ; justifiée comme une nécessité technique, elle apparaît surtout comme un moyen de contrôle des pratiques individuelles.

La « clef », comme la programmation, sont les pendants d'une absence de confiance de la part de l'office vis-à-vis des usagers et des groupes d'usagers. Les exploitants privilégiés mentionnés ci-dessus, qui jouissent de la confiance de l'office (moyennant la signature d'un contrat) sont appelés les « possesseurs de clef », et ne sont pas astreints à la programmation prévisionnelle mensuelle (ils restent soumis à la coupure d'eau par changement de la clef du cadenas en cas de non-respect du contrat).

Dysfonctionnements

On a montré que les principales causes de dysfonctionnements avaient une origine à l'amont du système, avec notamment le problème non résolu de la charge en matière solide de l'eau. Ils peuvent également avoir une cause sociale, due par exemple à la délimitation arbitraire des périmètres de bornes. Pour pallier les répercussions de ces dysfonctionnements en matière de gestion, une certaine latitude d'adaptation des modalités théoriques est, de fait, laissée aux Cgr. C'est ce volant de souplesse, hautement délicat à gérer et parfois à la limite de la légalité, qui permet au système de rester viable malgré ses défaillances. Que deviendrait ce « lieu d'ajustement » dans la perspective d'un fonctionnement effectif des Auea ? On n'a jamais vu cette question soulevée. Ce point soulève également la question des charges de maintenance, dont les usagers perçoivent le transfert comme une décharge de problèmes non résolus de la part de l'office.

Contraintes et blocages

La dualité des principes politiques (économiques-sociaux) se ressent clairement au sein même des périmètres irrigués du N'Fis, et, non explicitement prise en compte dans les choix de modalités de gestion, elle constitue l'un des facteurs de blocage à aborder de front. Reconnaître explicitement la validité de cette double option politique permettrait de reconnaître le rôle et les intérêts spécifiques des deux grandes classes d'irrigants : les « petits » et les « gros » exploitants agricoles.

La question de la confiance, ou plutôt du manque de confiance, apparaît comme sous-jacente à bien des blocages en matière d'évolution des modes de gestion. Elle résulte de la volonté de l'office de faire appliquer les principes fixés, en particulier en ce qui concerne l'allocation de la ressource. Force est cependant de constater qu'à l'heure actuelle les principes d'équité avancés ne sont dans la pratique pas complètement respectés, notamment en raison des dysfonctionnements techniques mais aussi de la différence de traitement entre irrigants, suivant le type de borne utilisée, avec notamment de nets avantages accordés aux « possesseurs de clefs ». Reconnaître qu'une marge de manœuvre dans l'application des principes est toujours de mise permettrait peut-être de faire progresser la réflexion sur les conditions d'une décharge de responsabilités envers des groupes d'irrigants.

Le problème de la facturation constitue un blocage psychologique et financier toujours mis en avant par les usagers : elle est contestée dans son principe et surtout dans les modalités de son application.

19. Voir les paragraphes ci-dessus dans « le réseau collectif sous pression du N'Fis » (les principes et opérations de gestion).

Latitudes de fonctionnement

La régulation dynamique n'est-elle pas en mesure d'autoriser un volant supplémentaire de souplesse dans les pratiques de programmation ? Elle ne semble pour l'instant profiter qu'au réseau d'adduction d'eau potable de la ville de Marrakech ainsi qu'à quelques « possesseurs de clefs ». Identifier clairement les limites du système technique d'adduction d'eau permettrait d'évaluer les marges de manœuvre quant aux modalités de gestion de l'eau.

Les modalités de distribution de l'eau au-delà des bornes révèlent une variété que ne laisse pas soupçonner la présentation théorique : pratiques de programmations plus ou moins collectives, distribution de l'eau selon des principes variés (mise en place de tours d'eau, subdivision interne du périmètre de la borne...). C'est au niveau de la borne que se réalise l'adaptation du système de distribution de l'eau au contexte sociologique particulier de chaque périmètre²⁰.

Savoir-faire

Dans le N'Fis même, l'expérience de la gestion des *seguia* doit être mise à profit, ainsi que celle des quelques tâches de gestion laissées aux représentants de bornes.

Enfin, il paraît important de prendre en considération les pratiques sociales de manière générale : l'irrigation n'est qu'une technique parmi d'autres utilisée au sein d'une société donnée et l'eau est une ressource parmi d'autres à gérer ; les principes sociaux en vigueur pour le fonctionnement général de la société s'appliquent par défaut à cette technique et à la gestion de cette ressource. Dans le N'Fis, les pratiques sont variables d'un village à un autre en raison de la grande variabilité des composantes sociales de la population ; le principe de la *jmaa*²¹ y est notamment plus ou moins vivace suivant les localités. Quelques expériences, glanées au fil des entretiens, sont apparues intéressantes : pratiques de cotisations ponctuelles en vue de la réalisation d'ouvrages hydrauliques précis (prise, partiteur), utilisation des fonds particuliers des notables locaux pour le financement de biens collectifs, fructification d'un bien (en l'occurrence des boutiques) pour assurer l'entretien d'ouvrages (en l'occurrence la mosquée)...

Rôle des Auea dans la gestion de l'eau

Dans le N'Fis, les Auea ne jouent à l'heure actuelle qu'un rôle fort réduit dans la gestion de l'eau. Aussi lors des entretiens ont été également abordées des questions portant spécifiquement sur les Auea : comment ont-elles été mises en place, quelles fonctions leur sont dévolues, que réalisent-elles effectivement, qu'en attend-on ? L'analyse des données présentée ci-dessus a ensuite permis de comprendre la situation actuelle et d'envisager un certain nombre de propositions pour que des associations puissent effectivement répondre aux objectifs fixés d'amélioration de la gestion de l'eau. Sans cette étude de fond préalable, les enquêtes concernant exclusivement les Auea n'auraient pas pu être porteuses de propositions, ni même d'analyses visant à la compréhension de la situation.

Mise en place et fonctionnement actuel des associations

La mise en place d'Auea sur le réseau collectif sous pression du N'Fis remonte au début des années 90, et ne concerne qu'une partie du réseau : pour les zones où la réticence est forte, les études sont en cours. Pour la partie du périmètre en cours d'aménagement, la mise en place d'Auea accompagnera la mise en eau.

Aucune Auea sur le réseau collectif sous pression ne fonctionne vraiment, et celle qualifiée de « plus dynamique » n'a à son actif que quelques rares actions. Elles ont été créées à l'initiative de l'Etat ; leur périmètre a été défini par des agents de l'Ormvah, et leur organisation répond à celle fixée par les statuts types. La promotion et l'encadrement des Auea sont confiées à l'Ormvah où un service spécialisé est en cours de mise en place.

20. Certains périmètres de bornes se trouvent par exemple subdivisés pour la distribution de l'eau en sous-unités indépendantes ayant chacune leurs règles propres ; nous avons également vu que les irrigants d'une même borne ne se réunissent pas toujours tous derrière un représentant.

21. Assemblée traditionnelle des concitoyens pour la gestion des affaires collectives.

Attentes et réticences spécifiques des différents acteurs vis-à-vis des Auea

L'Etat marocain a depuis 1990 fait le choix stratégique de la gestion participative en irrigation, dont le moyen consiste en la création d'Auea devant prendre en charge une partie des compétences actuellement dévolues aux offices, en permettant aux usagers de prendre part à l'aménagement, l'exploitation et la maintenance des systèmes d'irrigation. Au niveau des organismes de décision (Etat, Ormva), on reconnaît que l'implication des usagers dans la gestion des réseaux est un facteur nécessaire à l'amélioration des performances de ceux-ci. Des attentes sont formulées vis-à-vis de cette politique : améliorer la valorisation de l'eau, abaisser les coûts de gestion, sauvegarder le patrimoine hydraulique²².

Nos enquêtes auprès des agents de terrain des Cgr révèlent que le seul intérêt explicitement formulé vis-à-vis de la mise en place des Auea l'est en termes de réduction du nombre de leurs interlocuteurs usagers, et donc d'une simplification de leurs tâches : le lieu de discussion se déplacerait pour eux du « responsable de borne » au président d'Auea, chaque Auea incluant dans son périmètre un certain nombre de bornes.

Concernant les offices régionaux et leurs centres de gestion, on peut penser que, bien que cela n'ait pas été exprimé, le flou quant à la réorganisation de leurs missions, et donc quant au devenir de leurs agents, ne peut que freiner la promotion par ceux-ci des Auea.

Quant aux irrigants, leur intérêt pour la mise en place d'Auea n'est pas explicité dans les rapports concernant la gestion participative en irrigation. Sur le terrain, les irrigants n'expriment des attentes qu'en termes de « défense de leurs intérêts » : ils attendent une instance qui les représente effectivement et ait les moyens d'agir, de négocier... Certains souhaiteraient que l'Auea puisse les « couvrir » lors des problèmes de règlement des factures. D'autres attendent une extension des attributions des Auea au réseau traditionnel (réparation, entretien des prises et *segua* de crue...), voire à des activités périphériques de la production agricole irriguée : achat d'intrants, commercialisation des produits...

La place actuellement dévolue aux Auea

Le domaine d'intervention des Auea est défini par leur périmètre, périmètre irrigué par un certain nombre de bornes. Le contrôle des adducteurs principaux demeure de la compétence des offices, mais le partage des tâches avec les Auea en ce qui concerne toutes les tâches de gestion internes à leur périmètre reste mal défini (distribution de l'eau, maintenance, prélèvement d'une redevance).

De manière schématique, la mise en place d'Auea devrait déplacer le « nœud de fonctionnement » qui se situe actuellement au niveau de la borne vers celui du périmètre de l'Auea. Le transfert s'accompagne pour l'instant du maintien des mêmes principes qui sont appliqués à la borne : détention de la « clef » (en l'occurrence, un des critères de délimitation des Auea est la dépendance du périmètre vis-à-vis d'une chambre de vanne, permettant à l'office de couper l'alimentation en eau en cas de litige), contrôle de la programmation individuelle par l'office. L'absence de confiance est plus que jamais de mise. Les Auea ne sont aussi actuellement présentées et envisagées que comme des intermédiaires, des organes de médiation entre usagers et office.

Des Auea pour une gestion de l'eau améliorée : quelles fonctions ?

Diversité des acteurs : la reconnaître et la gérer au sein du bureau

Une des contraintes de gestion du périmètre réside dans l'extrême diversité des intérêts des irrigants, liés à des capacités d'exploitation fort différentes, diversité résumée dans l'opposition entre gros et petits exploitants. Comme il a été montré, cette diversité peut cependant être envisagée de manière positive : elle répond au double objectif de la politique gouvernementale en matière de développement agricole (accroître la production nationale mais aussi maintenir la paix sociale), et d'un point de vue

22. Le point de vue des différentes Ormva est détaillé dans le rapport suivant : La gestion participative en irrigation. Situation actuelle et perspectives, octobre 1999.

hydraulique, on peut dire, en schématisant, que la multitude de petits exploitants pratiquant une irrigation gravitaire assure la réalimentation de la nappe dont profitent les gros exploitants par leurs forages, forages qui permettent la complémentation nécessaire de la dotation en eau ainsi que sa sécurisation. On peut même aller plus loin en disant qu'une partie de l'eau payée par les irrigants gravitaires est mise à profit (certes indirectement) gratuitement par les propriétaires de forages. Or, on a montré l'inégalité de service dont jouissent petits et gros exploitants. Les petits exploitants se plaignent notamment de ne jamais voir leurs intérêts défendus, y compris au sein des Auea.

En effet, les modalités d'organisation interne des Auea, telles qu'elles sont fixées dans les statuts types, ne paraissent pas efficaces. Dans leur principe, elles semblent pourtant s'accorder avec les pratiques traditionnelles de la *jmaa*, en combinant démocratie plénière (l'assemblée générale), et bureau exécutif (qu'on peut mettre en parallèle avec le « conseil des sages » de la *jmaa*). Le problème semble-t-il, c'est que le bureau est plus envisagé comme un organe de relation avec l'administration, que comme un organe de gestion des activités internes de l'Auea. Aussi n'y nomme-t-on pas un « conseil des sages », mais un conseil des « représentants politiques ».

On remarque en effet que chaque fois que les agriculteurs ont à nommer des représentants ayant pour charge les négociations avec l'administration, ils choisissent les « gros bonnets » de l'agriculture, dont ils se plaignent ensuite qu'ils ne représentent pas leurs intérêts. On remarque par contre que lorsque la charge est d'organiser la distribution de l'eau, les critères de choix diffèrent, et se réfèrent aux compétences personnelles (c'est notamment le cas pour le choix des représentants de borne).

Dans ce contexte, il semblerait intéressant d'une part de clarifier les fonctions à terme des Auea, et d'autre part de dissocier :

- un poste de président d'honneur, qui pourrait être confié à un personnage éminent disposant de relations susceptibles de servir l'association ;
- et un bureau exécutif dirigé par un directeur, dont la tâche consisterait en l'organisation concrète des activités de l'Auea. La composition de ce bureau, aujourd'hui fixée à six membres, pourrait être laissée plus libre afin de pouvoir répondre aux caractéristiques sociales fort différentes d'une zone à une autre, et donc d'une Auea à une autre.

Le « 7^e membre », représentant de l'administration, est quant à lui fortement contesté. Il serait sans doute préférable qu'il n'intervienne que ponctuellement, sur demande des Auea, laissant place à l'établissement de relations de confiance.

Une simplification possible des opérations de distribution de l'eau ?

Le principe général retenu par l'office pour la distribution de l'eau, à savoir celui d'une libre disposition par les usagers d'une dotation globale limitée, n'est pas respecté, en raison de la lourdeur administrative des tâches de distribution de l'eau. Seuls y échappent les gros exploitants qui jouissent de la confiance de l'office, confiance garantie par la signature d'un contrat. C'est ce même principe qui devrait être appliqué, non plus au niveau d'une exploitation particulière, mais au niveau des Auea, en accordant à ses représentants une confiance quant à leurs capacités de gestion interne. La contractualisation des relations est d'ailleurs prévue par la loi.

Extension de la vocation des Auea

L'office, ne garantissant pas la satisfaction des besoins en eau des cultures, compte implicitement et même explicitement sur une complémentation des apports par d'autres systèmes hydrauliques non concurrents : forages, *seguia* de crue, *khattara*... D'autre part, l'eau étant désormais payante, les exploitants, y compris ceux qui pratiquent une agriculture vivrière, se doivent de la rentabiliser économiquement. On comprend dans ce contexte le fondement des souhaits exprimés par des irrigants de voir la vocation des Auea passer de la gestion d'un réseau à la gestion d'une ressource en général (comprenant les différentes formes de sa mobilisation), voir à la gestion d'un terroir irrigué au sens large, allant jusqu'au groupement d'intérêt pour l'achat d'intrants ou la commercialisation des produits.

Reste à étudier s'il vaut mieux réunir toutes ces fonctions au sein d'une même structure, ou diversifier les structures en créant d'autres types d'associations. Ses questions nous semblent à débattre avec les intéressés eux-mêmes, mais il paraît important de laisser relativement ouverte la panoplie des objectifs assignables aux Auea, afin d'adapter ceux-ci aux attentes et possibilités spécifiques de chaque groupe.

Fin de l'Oued N°15



Conduite de réalimentation
(en provenance du « bassin 513 »)

Photo I-1 Réalimentation d'une *segui* par les eaux du barrage Lalla Takerkoust

Canal principal



Canal secondaire

Photo I-2 Lieu de dérivation vers une canal secondaire sur une *segui* (Tamezglift)
L'amazzal (en djelaba blanche) explique le tour d'eau aux étudiants

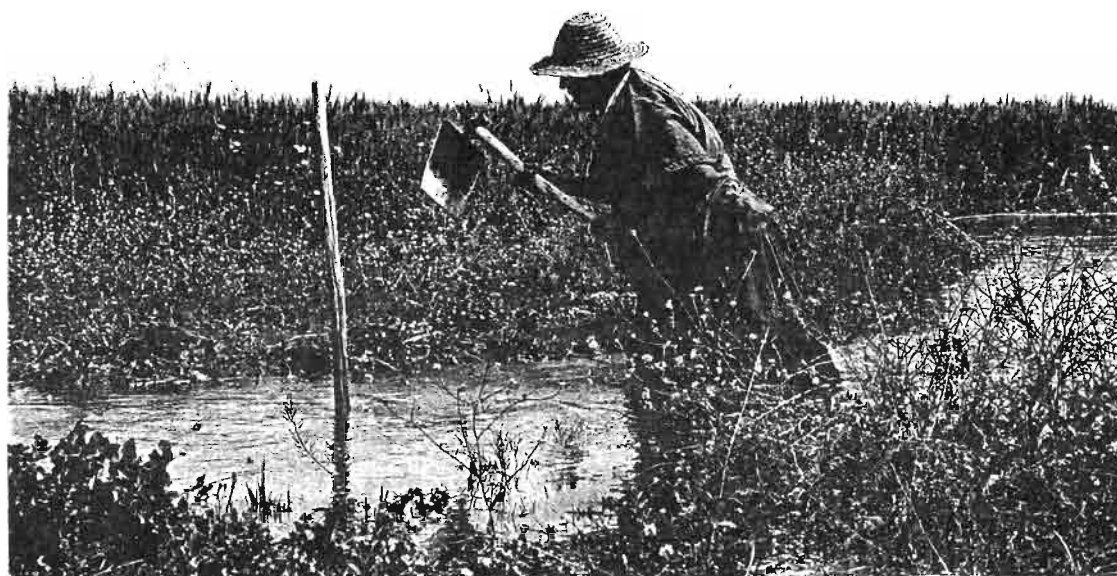


Photo I-3 Un agriculteur irrigue son champ de cereales (*segui* Agafay)
(main d'eau annoncée : 300 l/s)

Cliches : G. Jolly

Planche I : Les grandes *segui* traditionnelles réalimentées

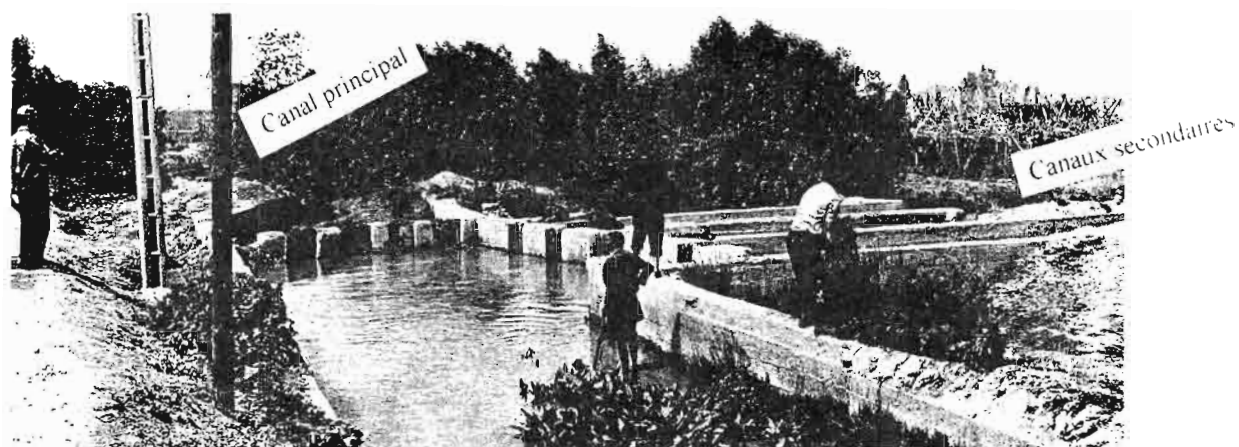


Photo II-1 : Decoupe de végétaux et de mottes d'herbe
Des vannes obturent le canal principal – l'eau est dérivée dans un canal secondaire

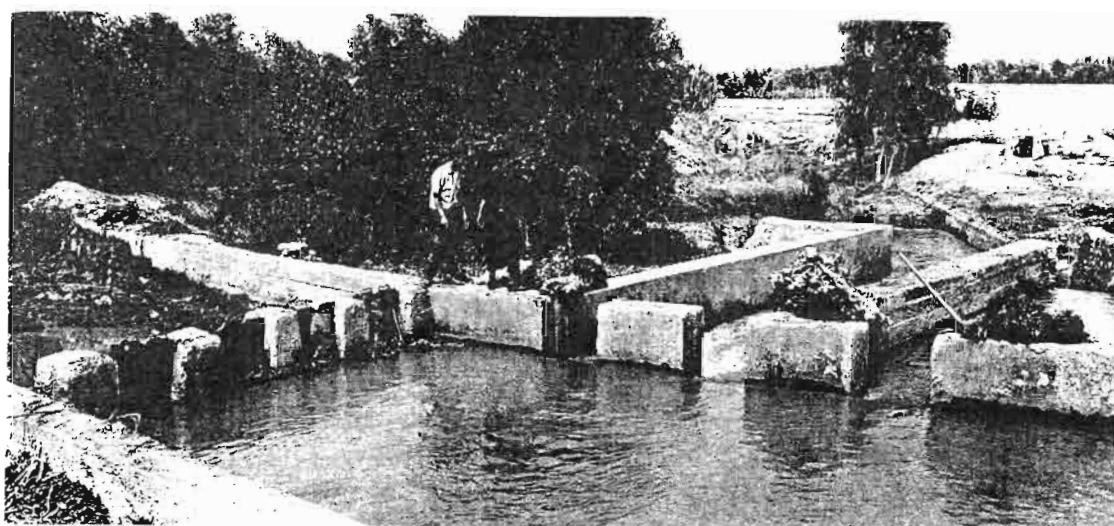


Photo II-2 : Installation des végétaux et mottes près des dérives à obturer



Photo II-3 : Dépôt des gros végétaux puis des mottes de terre pour l'obturation d'une dérivation

Chetouy - Jolles

Planche II : Dérivation de l'eau vers un canal secondaire sur la *segui* Tamezglift

Les problèmes de la maintenance et de la gestion financière

La question du partage des tâches en ce qui concerne la maintenance du réseau au niveau du maillage tertiaire paraît délicate quand les principaux problèmes techniques proviennent de l'amont : variations de débit, pannes aux bornes dues à la charge de l'eau... Aucun des responsables d'Auea enquêté ne s'est montré favorable à un investissement de l'Auea dans la maintenance, et le refus n'est pas motivé par une simple incompétence technique à assumer ces fonctions. Les irrigants ont pourtant un intérêt certain à ce que la maintenance soit améliorée, y compris en ce qui concerne le fonctionnement des compteurs : quand ceux-ci ne fonctionnent pas, ils se sentent toujours lésés lors de la facturation.

En ce qui concerne la gestion financière, le manque de confiance des adhérents en leurs représentants est généralement mise en avant. Peut-être faudrait-il commencer pour les Auea par gérer des sommes où le prélèvement soit directement en relation avec la dépense : par exemple, la rémunération d'agents chargés de la gestion de l'eau (comme pour la rémunération des représentants de borne) ; ou le « lancement d'une cotisation » en vue d'une dépense précise, comme l'achat d'un matériau ou matériel. La clarté financière de telles opérations est plus évidente que la gestion différée de fonds prélevés régulièrement.

Envisager la transition de gestion

Dans le Haouz, la géographie sociale ainsi que les mentalités sont encore fortement imprégnées par l'histoire socio-politique de ces deux derniers siècles, marqués par le démantèlement des tribus, des allotissements autoritaires, des spoliations de droits... Aujourd'hui, toutes les opérations d'aménagement hydraulique sont toujours menées de manière autoritaire avec, certes, un souci de prise en compte minimale des réalités sociales et hydrauliques préexistantes, mais sans concertation avec les populations concernées. La mise en place des Auea s'inscrit dans cette même logique de rapport administration-usagers.

Le principe fondamental de la Gpi étant celui d'un investissement actif de la part des usagers, la mise en place de nouvelles bases de relations paraît primordiale. Etant donné le passif des rapports établis avec l'Ormvah, il nous paraîtrait plus judicieux de confier la promotion des Auea à des médiateurs neutres, dont le rôle serait d'aider les différents intéressés (gestionnaires comme usagers) à rechercher des solutions satisfaisantes pour tous, et à réfléchir aux moyens de les mettre en œuvre.

C'est peut-être sur la base de la confrontation des attentes respectives des différents types d'agriculteurs d'une part, des différents niveaux de l'administration d'autre part, que doit être renoué le dialogue, et que devraient être redéfinis les statuts de chaque association en particulier, au vu des objectifs choisis et des moyens adoptés pour les mettre en œuvre. L'écoute apportée à leurs revendications, la recherche commune de solutions, peuvent inciter une implication des usagers dans les processus de gestion du réseau à un niveau supérieur à celui de la borne, et conduire l'administration à une meilleure compréhension des réactions des usagers.

Si les principes de gestion peuvent être imposés par l'office, les modalités de leur application doivent être négociées au coup par coup avec chaque association, et cela dès les toutes premières phases de mise en place. Pour les Auea déjà constituées, il faudrait donc revenir en arrière et véritablement les refonder sur de nouvelles bases.

Conclusion

Notre démarche privilégie l'écoute, l'observation directe, la mise en relation des éléments à l'échelle de terrains d'étude réduits. Ces études particulières ont cependant permis de dégager quelques-uns des rouages clés du fonctionnement global, mettant en évidence quelques questions fondamentales à résoudre pour l'amélioration de la gestion de l'eau. Centrant notre intérêt sur la problématique des Auea, ces analyses ont conduit à dégager un certain nombre de conseils pour leur mise en place et leur fonctionnement.

Eu égard aux conditions particulières d'étude, celles d'un stage collectif d'étudiants de courte durée, les propositions émises n'ont pu être approfondies. Cependant, les résultats obtenus dans un contexte aussi contraint valident à nos yeux ce type de méthodologie.

Encadré 1. La démarche de diagnostic.

Les modalités de gestion de l'eau sur le périmètre

RECUEIL DES DONNEES ET PREMIERES ANALYSES

- Comprendre l'organisation du réseau, au sens large du terme : les « *chemins de l'eau* » - en :
 - s'intéressant à toutes les formes de mobilisation de l'eau sur la zone d'investigation ;
 - en relevant la structure des différents réseaux ;
 - en remontant dans leur histoire pour comprendre leurs caractéristiques actuelles.
- Comprendre les principes de gestion, et comment ils se traduisent en opérations : « *l'acheminement de l'eau* » et ses « *règles du jeu* » en :
 - se faisant expliquer les principes par les responsables ;
 - effectuant le relevé précis des différentes opérations de distribution de l'eau ;
 - réalisant sur le terrain l'observation des mises en pratique.
- Identifier les acteurs, leur position : « *ceux qui jouent* » en accordant une écoute privilégiée aux irrigants et gestionnaires de terrains.

REFLEXIONS INTRODUISANT LA DEUXIEME PHASE

- Dégager les points stratégiques en vue d'une modification des modalités de gestion :
 - en identifiant des « noeuds » de fonctionnement ;
 - en recherchant les causes des dysfonctionnements ;
 - en mettant en évidence les contraintes et blocages ;
 - en s'intéressant aux latitudes de fonctionnement ;
 - en dégageant les savoir-faire exploitables.

Question posée : « comment rendre les Auea plus opérationnelles ? »

ENTRETIENS AUPRES DES DIFFERENTS ACTEURS

- quant à la mise en place et au fonctionnement actuel des associations ;
- quant à leurs attentes et réticences spécifiques.

ANALYSE PERMISE PAR LES ACQUIS DE LA PREMIERE PHASE

- comprendre la place actuellement dévolue aux associations d'usagers ;
- envisager les fonctions qu'elles pourraient prendre pour une gestion de l'eau améliorée ;
- imaginer la manière dont pourrait être organisée la transition de gestion.

Pour ces différentes étapes, la volonté de compréhension des rouages intimes du réseau pour en expliquer le fonctionnement général, se traduit au niveau méthodologique par un double niveau d'investigation le périmètre dans son ensemble et des sous-unités représentatives.

Bibliographie

ABDELLAOUI R., EL ALAOUI M., 1999. La gestion participative en irrigation, situation actuelle et perspectives. Rapport principal. Maroc, Ministère de l'agriculture du développement rural et des pêches maritimes, 3 parties.

ADMINISTRATION du Génie Rural, 1999. La gestion participative en irrigation – Situation actuelle et perspectives. Note de synthèse, décembre 1999. Maroc, Direction du développement et de la gestion de l'irrigation, 3 parties.

BOUDERBALA N., 1986. Logique foncière de l'Etat et logiques foncières des exploitants dans les grands périmètres d'irrigation au Maroc. In Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production. Actes du III^e séminaire, Dsa-Cirad, Montpellier, p. 343-350.

- CHAOUKI F., ABOUTALIB M., 1994. Les Auea dans la région du Haouz, participation paysanne et désengagement étatique. Mémoire de licence, Maroc.
- DAHIR 1-87-12 du 21 décembre 1990. promulgation de la loi n° 02-84 relative aux associations des usagers des eaux agricoles.
- DUCRÔCQ M., ZERHOUNI M., 1986. Aménagement du périmètre du N'Fis, Haouz de Marrakech. Un essai d'adaptation d'aménagement aux conditions locale, *In* Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production. Actes du III^e séminaire, Dsa-Cirad, Montpellier, p. 331-341.
- EL AMGHARI M., 1988. Elaboration d'un modèle de simulation pour l'aménagement hydro-agricole du périmètre du N'Fis. mémoire de 3^e cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat Génie-Rural, lav Hassan II, Rabat.
- EL FAÏZ M., 1999. Les aménagements hydro-agricoles dans le grand Haouz de Marrakech : histoire d'une idée. *In* Cultures, usages et stratégies de l'eau, en Méditerranée occidentale, Tensions, conflits et régulations, M. MARIE, et al. (ed.). Paris, France, L'Harmattan Entreprises, p. 60-78.
- EL FAÏZ M., 1999. Le modèle de la grande hydraulique dans le Haouz de Marrakech : bilans d'un aménagement frontal. Document dactylographié, Maroc, 18 p.
- EL FAIZ M., 1996. Les jardins historiques de Marrakech. Mémoire écologique d'une ville impériale. Italie, Edifir, 73 p.
- ENNAJI M., HERZENI A., 1987. L'irrigation des terres Makhzen dans le Haouz de Marrakech sous le règne de Hassan Premier. Hommes, terres et eaux, 68-69 : 1-28.
- JOLLY G., 2000. Gestion de l'eau dans le N'Fis (Haouz de Marrakech) et mise en place des Associations d'Usagers d'Eau Agricole. Rapport de synthèse. Montpellier, France, Cnearc, 64 p.
- PASCON P., 1977. Le Haouz de Marrakech. Tome premier, Curs Rabat, Cnrs Paris, Inav Rabat, 392 p.
- RUF T., VALONY M.-J., JOLLY G., 1999. Coopération sur le thème de la gestion collective de l'eau en France et au Maroc - Préparation du stage "gestion sociale de l'eau" dans le périmètre du Nfis (office Régional de Mise en valeur Agricole du Haouz). Rapport de mission, 20-27 octobre 1999. Montpellier, France, Cnearc-Cirad, 19 p.
- ROYAUME du Maroc, 1992. Périmètre du N'Fis, rive droite - Monographie année 0 de l'aménagement. Maroc, Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, Ormvah, 45 p.
- VALLEJO S., 2000. Le périmètre N'Fis -- annexe carte. Annexe au rapport de synthèse. Montpellier, France, Ler-Ird, Gse-Cnearc, 20 p.

Nouveau rôle de l'Etat dans la gestion des périmètres publics irrigués

Soutien aux associations d'irrigants, exemple du delta de la Medjerda, Tunisie

Leïla RAHMOUNE BAUDU

Ina-Pg, Ird Bondy, Centre de recherche d'Ile de France, 32 Avenue Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France

Résumé — Dans le secteur agricole tunisien, l'application de la politique de décentralisation et de désengagement de l'Etat depuis 1989 a entraîné la fusion de tous les offices régionaux dont l'Office de mise en valeur de la vallée de la Medjerda (Omvvm). L'abandon de certaines fonctions de l'Omvvm, et notamment celles concernant la prise en charge des irrigants, s'est accompagné d'une politique de création d'associations des usagers de l'eau. Cet article s'intéresse aux associations d'irrigants des périmètres publics de la Basse vallée de la Medjerda qu'elles soient déjà créées en Associations d'intérêt collectif (Aic) fonctionnelles ou non fonctionnelles. Dans ce dernier cas, le projet administratif de création existe, mais les agriculteurs conditionnent leur organisation en Aic à la réhabilitation ou à la rénovation du réseau. La première partie de cet article, analyse sur le plan national et local, les conditions d'émergence des Aic, les facteurs favorables et défavorables à leur exercice et les modalités de leur fonctionnement. Une attention particulière est portée aux stratégies qu'elles développent pour s'adapter aux doléances des agriculteurs qui les composent, et aux instances qui les encadrent conformément aux nouveaux objectifs.

Abstract - The State's new role in the management of publicly-owned irrigated areas: support for irrigators' associations, the example of the Medjerda delta, Tunisia. In the Tunisian agricultural sector, as a result of State withdrawal and the decentralization policy implemented since 1989, all the regional offices have merged, including the office for the development of the Medjerda valley (OMVVM). Some of OMVVM's functions have been abandoned, notably those concerned with irrigators' reimbursement. This has been accompanied by a policy to create water users' associations. This article focuses on the irrigators' associations be they of collective or non-collective interest, functional or non-functional in the publicly-owned irrigated areas of the Medjerda valley. In the Medjerda valley, there is an administrative project to create associations. However, the farmers convert their associations into ones of collective interest when the network has been restored or renovated. The first part of the article analyses the following on a national and local level: the conditions that govern the emergence of the associations of collective interest; the factors that favour or limit their activity; and how they function. Particular attention is given to: the strategies being developed by these associations so that the complaints expressed by the farmers (which make up the associations) can be taken into account; and to the organizations which guide them in accordance with the new objectives.

Introduction

Le nouvel espace géo-économique engendré par l'accord d'association de la Tunisie avec la Communauté européenne, l'adhésion à l'Organisation mondiale du commerce (Omc) impliquent la mise en œuvre d'une nouvelle politique de développement et la mobilisation de toutes les énergies régionales.

Les sociétés rurales sont confrontées, et le seront de plus en plus, à des défis majeurs de survie face à l'ouverture des marchés qu'induisent la mondialisation et les différents accords de libre échange (Elloumi, 1997). Pour relever le défi, la société rurale avec l'ensemble de ses composantes doit s'adapter pour faire face aux mutations de son environnement et pour jouer le rôle de partenaire dans les négociations à venir. Elle doit développer sa capacité à gérer, dans un contexte de crise, à la fois une dégradation des revenus et des ressources, voire des transferts, et une pression démographique de plus en plus forte. Pour cela, un certain nombre de transformations sont nécessaires telles que :

- la mise en place d'organisations professionnelles avec un rôle important dans la négociation et la gestion des mutations ;
- l'adoption de systèmes de production adaptés aux exigences du contexte actuel avec notamment une production de qualité ;
- la définition d'un cadre contractuel avec le reste de la société pour la gestion des ressources naturelles.

Les Associations d'intérêt collectif (Aic) font partie de ce cadre. Elles doivent donc être :

- considérées comme des structures d'auto-assistance ;
- traitées en qualité de structures majeures capables de mobiliser les potentialités régionales ;
- intégrées dans le giron du développement.

La nécessité de mettre en place les Aic est devenue une priorité dans cette nouvelle politique économique d'application du Plan d'ajustement structurel agricole (Pasa).

Comme le reste des régions irriguées tunisiennes, une politique de création des associations des usagers de l'eau a été entreprise dans les périmètres irrigués de la basse vallée de la Medjerda (Bvm). Les 32 000 ha localisés dans les gouvernorats (départements) de l'Ariana, de Bizerte ont 210 millions de m³ d'eau à leur disposition à partir du barrage de dérivation d'El Aroussia, pour une pratique d'irrigation par quartier et au tour d'eau, pour le réseau ancien et par aspersion ou au goutte à goutte, pour les secteurs dits modernisés.

Cet article s'intéresse aux associations d'irrigants de la Bvm (Gouvernorats de l'Ariana et de Bizerte) qu'elles soient déjà créées et fonctionnelles, ou non fonctionnelles. Dans ce dernier cas, le projet administratif de création existe, mais les agriculteurs conditionnent leur organisation en Aic à la réhabilitation ou à la rénovation du réseau.

Dans la première partie de cet article, nous tenterons de comprendre sur le plan national et local (Bvm) les conditions d'émergence des Aic, les facteurs favorables et défavorables à leur exercice, les modalités de leur fonctionnement. Nous examinerons les stratégies qu'elles développent pour s'adapter aux doléances des agriculteurs qui les composent, et aux instances qui les encadrent conformément aux nouveaux objectifs.

Nouveau rôle de l'Etat et mesures stratégiques d'optimisation de l'eau à usage agricole

Suite aux accords de l'Omc, la Tunisie subira certainement les effets du renchérissement des cours mondiaux des produits agricoles. En effet, la libéralisation du commerce international des produits agricoles, déjà engagée, aura deux incidences majeures sur les exportations tunisiennes. La première (la plus optimiste) n'est autre que la création de nouvelles opportunités d'exportation, suite à l'ouverture et à l'élargissement des marchés. La disparition progressive des accès préférentiels des produits tunisiens (huile d'olive, agrumes) au marché européen en 2002 entraînera un accroissement de l'offre sur le marché national qui risque de ne plus l'absorber. L'élimination des exploitations qui ne pourront surmonter les difficultés d'insertion ou qui ne pourront répondre aux exigences commerciales liées à la libéralisation paraît dès lors inéluctable.

Cette libéralisation signifie aussi le désengagement progressif de l'Etat. Pour que cette transition se fasse en douceur, l'Etat continue à assurer l'amélioration des opérations de contrôle de développement et d'utilisation des ressources. Les objectifs fixés dans ce cadre sont les suivants :

- la mise en place des droits d'usage et la préservation des droits préexistants ;
- la définition du rôle national, régional et local des institutions de gestion des eaux et en particulier la place de la gestion participative de l'eau ;
- l'échange efficace de l'information entre tous les gestionnaires des eaux (Economie Eau 2000).

L'agriculture tunisienne sera moins protégée de la concurrence extérieure. L'eau utilisée se retrouvera en concurrence avec les autres secteurs où le partage selon l'efficacité économique sera déterminant. La politique actuelle d'arbitrage des allocations entre les secteurs devra, certes, être maintenue mais très vite la recherche d'un partage efficace de la valorisation du mètre cube d'eau prévaudra (Economie Eau, 2000).

Par ailleurs, au vu des estimations des besoins toujours plus élevés par rapport à l'offre, une attention sera accordée aux bilans ressources-besoins. Il sera davantage tenu compte des besoins exprimés par rapport aux ressources disponibles avec une réaffectation aux autres secteurs qui recensent au plus près leurs besoins. Afin que le secteur irrigué puisse rationaliser le facteur eau, la Tunisie doit élaborer une stratégie de mise à niveau du secteur irrigué. Les objectifs assignés sont la rentabilité de la production et la compétitivité des produits sur les différents marchés. Les composantes de cette stratégie seront le développement de nouvelles approches, pour mieux valoriser l'eau par l'adoption de techniques d'économie d'eau, un choix adéquat des cultures moins consommatrices d'eau et plus compétitives sur les marchés, et l'amélioration des circuits post-production, afin de tirer une meilleure valeur ajoutée, (Groupe de réflexion, 1998). Outre ces objectifs techniques, la sensibilisation des usagers et des exploitants revêt une importance capitale. Dans ce cadre, l'approche participative est envisagée comme le meilleur moyen d'y parvenir. Des mesures incitatives et dissuasives à l'usage optimal de l'eau peuvent contribuer à cette sensibilisation.

Dans cette approche, l'intervention de l'Etat dans l'investissement public sera axée sur l'usage efficace des ressources en eaux disponibles à long terme. Les nouveaux programmes d'investissement devraient intervenir dans le transfert, l'interconnexion des barrages existants. Les schémas de recharge des nappes souterraines devraient être perfectionnés. Il est également crucial d'inclure le traitement tertiaire et la mobilisation des eaux usées traitées. Les investissements seront provoqués par une plus grande productivité du secteur agricole irrigué.

D'autre part, le développement des institutions de base (telle l'Aic) et de nouvelles infrastructures ne sera poursuivi que si la demande en eau à un niveau de prix relativement élevé, justifie clairement la conception de nouveaux schémas. Cela implique une participation de l'utilisateur encore plus accrue dans le choix des solutions participatives de financement des investissements et des mécanismes de recouvrement de coût.

Emergence, fonctionnement et évolution des associations d'irrigants dans les périmètres publics irrigués du delta de la Medjerda

Le contexte international et nécessité de la mise en place des Aic

La politique actuelle de l'Etat s'inscrit dans le contexte du plan d'ajustement structurel selon les accords respectifs avec le Fmi-Bird, qui ont pris effet depuis 1987. Ils portent sur la politique des prix (libéralisation et réduction des subventions sur les prix), la prise en charge par le secteur privé d'activités actuellement à charge de l'Etat (Groupement Bechtel International, 1999).

Dans le secteur agricole, l'application de la politique de décentralisation et de désengagement de l'Etat depuis 1989 en est la manifestation directe.

Ces mesures ont entraîné la fusion de tous les offices régionaux dont l'Omvvm (Office de mise en valeur de la vallée de la Medjerda) et la création d'un organisme unique à caractère administratif par gouvernorat : le Crda, Commissariat régional de développement agricole.

Au début de cette mutation, un vide s'est manifesté dans la prise en charge des usagers de l'irrigation. En effet, durant cette période de flottement qui a duré près de 4 ans, on a vu l'abandon de certaines fonctions de l'Office au cours du transfert d'autorité au Crda. Au fil du temps, la nécessité de la mise en place des Aic en tant qu'intermédiaires pour restaurer un lien entre les usagers et l'administration s'est fait sentir.

Dans le domaine de la gestion des eaux, la participation des usagers est justifiée par :

- l'importance des charges assumées par l'Etat ;
- la surcharge de la facturation pour l'administration ;
- les problèmes quotidiens de l'utilisation des eaux au niveau des bornes ; les irrigants pourront mieux les résoudre en raison de leur proximité et déployer des efforts communs pour faire face à des dysfonctionnements communautaires (Groupement Bechtel International, 1999).

Pour ces nombreuses raisons et pour combler ce vide, au sein des Crda de l'Ariana et de Bizerte (anciennement gérés par l'Omvvm) est née une cellule dénommée cellule des Aic : Association d'intérêt collectif. Elle est rattachée à l'arrondissement du génie rural, chargée de l'encadrement, de la formation, de l'allocation, de l'aspect juridique et institutionnel des Aic, (Dg-Gr, 1992). Cette cellule constitue le relais principal des associations des usagers de l'irrigation avec l'autorité administrative. Actuellement dans chaque Crda, il y a une cellule spécifique pour les Aic d'eau potable et les Aic d'irrigation. Au ministère de l'agriculture, la structure actuelle du service suivi des Aic se trouve à la direction du génie rural, son souci principal étant l'évaluation du taux de recouvrement des frais des Aic (Service Aic, comm. personnelle).

Un projet de loi (1999) prévoit d'élargir les champs d'action des Aic. Il est prévu de remplacer la dénomination Aic, pour certaines, par groupement de développement dans les différentes activités agricoles : irrigation, forêt, oléiculture et conservation des eaux et des sols. On prévoit, par ailleurs, des modifications dans l'organisation de ces groupements, les modalités de leur création, leur gestion, leur suivi et contrôle (Trabelsi, 1999).

Cadre institutionnel de la mise en place des Aic

Pour le référentiel juridique, il existe un condensé des lois régissant l'organisation des Aic (Cf. une synthèse de ces lois dans Rahmoune-Baudu, 2000). Les orientations du ministère de l'agriculture suivent l'évolution du contexte législatif. Les contenus principaux des différentes lois régissant les Aic sont donnés ci-après.

Le décret n° 87-1261 du 31 mars 1987 a organisé le mode de constitution et de fonctionnement de l'Aic. L'article 154 qui a été modifié par la loi du 6 juillet 1997, en a redéfini les activités. Le décret n° 88-150 du 12 janvier 1988 a porté approbation des statuts types des Aic. Ce même décret a fixé les droits d'admission des adhérents, leurs obligations, leurs droits, les conditions de retrait et d'exclusion ainsi que leurs conséquences.

La loi n°16 de l'année 1975 datée du 11 mars 1975 relative au renforcement de l'article 154 du Code des eaux modifié par la loi 87-35 du 6 juillet 1987 précise les rôles de l'Aic. Elle a donc pour objet l'une ou l'ensemble des activités suivantes :

- l'exploitation des eaux du domaine public ;
- l'exécution, l'entretien ou l'utilisation des réseaux intéressant le domaine public dont elle a le droit de disposer ;
- l'irrigation ou l'assainissement des terres par le drainage ou par tout autre mode d'assèchement ;
- l'exploitation d'un système d'eau potable.

L'Aic peut aussi décider d'entreprendre d'autres activités telle la vente des intrants.

Le conseil d'administration d'une Aic est constitué de trois, six ou neuf membres (dont un président et un trésorier) élus par l'assemblée générale parmi les associés, et renouvelés par tiers chaque année.

Le décret n° 92-2229 du 21 décembre 1992 vient organiser la gestion comptable au sein de l'Aic. En effet, elle doit être assurée par un trésorier désigné parmi les membres de l'association et exerçant ses fonctions sous l'autorité du président (Ministère de l'agriculture, 1994). Il doit effectuer toutes les opérations financières relatives à l'Aic et doit communiquer à la fin de chaque gestion, un état détaillé de

la situation financière de l'association au Gouverneur, président du Groupement d'intérêt hydraulique (Gih) et au receveur des finances chargé du contrôle. Il est aussi chargé de recueillir les cotisations des agriculteurs adhérents. Ce décret précise que les Aic sont tenues d'agir dans les limites des ressources financières qui leur sont disponibles. Les soldes de l'Aic doivent être placés dans un compte courant postal ou d'épargne.

En ce qui concerne le recrutement du personnel de l'association, chaque Aic est souveraine. C'est le cas par exemple de l'embauche de l'aiguadier ou pompiste chargé de l'ouverture des vannes et de l'exécution du tour d'eau.

Mise en place des Aic

Types d'Aic existantes

Les Aic actuelles en Tunisie sont de 3 types :

- les Aic d'irrigation dont le rôle est d'organiser la gestion participative des agriculteurs autour d'un réseau collectif d'irrigation ;
- les Aic d'eau potable qui permettent de mettre en place des systèmes d'approvisionnement en eau dans les zones rurales susceptibles de se maintenir dans le temps (Dg/Gr, 1992) ;
- les Aic mixtes qui gèrent à la fois la distribution de l'eau pour les deux usages : l'eau potable et l'eau d'irrigation.

La création d'une Aic passe par plusieurs étapes :

- le contact initial avec la communauté (agriculteurs pour les Aic d'irrigation et population rurale pour les Aic d'eau potable) ;
- la réalisation d'une étude technique à orientation économique ; l'objectif est d'évaluer le prix de revient global de la distribution de l'eau, de l'entretien d'un réseau de conduites, des ouvrages et des bornes d'irrigation et du réseau d'assainissement-drainage.

Sur l'ensemble des Aic enquêtées, 29 % datent de 1993, 7 % de 1996, 14 % de 1997, 21 % de 1998, 29 % de 1999. La figure 1 ci-après illustre la progression de création depuis 1993.

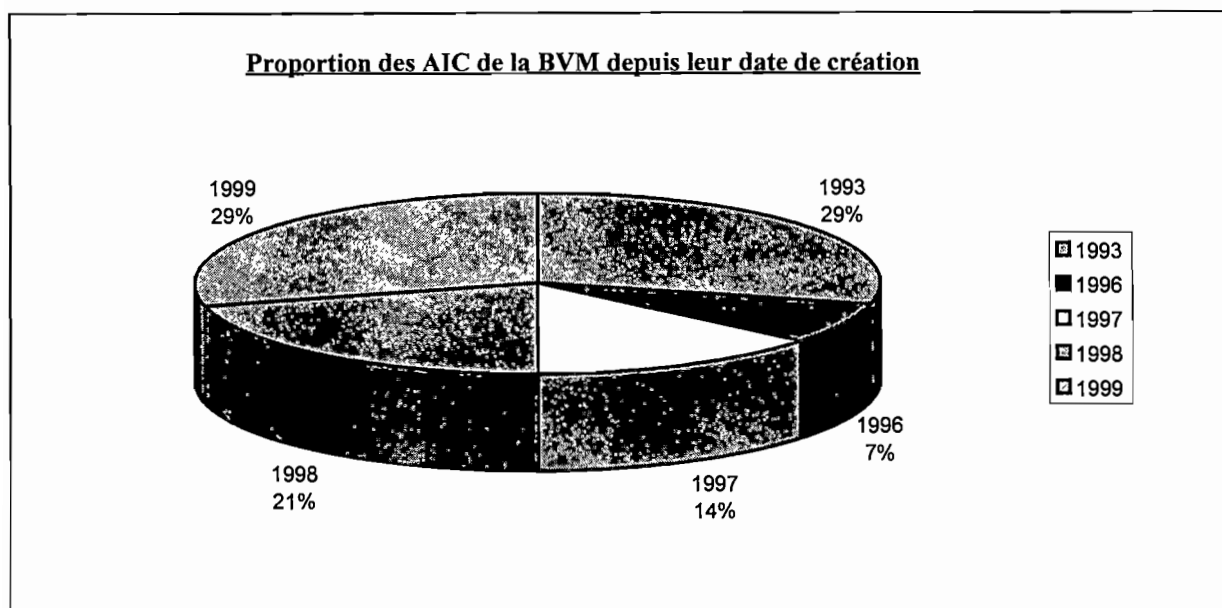


Figure 1. Proportion des Aic présentes au printemps 1999 dans la Bvm en fonction de leur date de création. Source : enquêtes, Rahmoune-Baudu, 2000.

Fonctionnement des Aic

L'exploitation des périmètres irrigués publics est régie par deux types de contrats :

- un contrat de gestion entre le Crda et l'Aic (réception du réseau en état de fonctionnement, fourniture des eaux d'irrigation, stock de pièces détachées disponibles) ; une avance payée de 500 m³ est exigée pour la mise en eau ;
- un contrat entre l'Aic et l'agriculteur (maintenance des installations) ; c'est un contrat d'adhésion personnel qui comporte des données relatives à l'identité des exploitants, aux cultures, à la situation des parcelles, la nature des eaux fournies, à la maintenance des bornes...

Les indicateurs d'évaluation, fixés par l'administration, d'une bonne gestion des Aic sont :

- un taux d'occupation supérieur ou égal à 70 % ;
- un taux d'intensification de 130 % ;
- un taux de recouvrement au moins égal à 80 % ;
- l'inventaire écrit des équipements d'irrigation sous la responsabilité de l'Aic.

Les facteurs favorables à la création et au fonctionnement des Aic d'irrigation

La politique agricole et la nouvelle politique de la réforme agraire

Dans le neuvième plan (1997-2001), la répartition des investissements dans le secteur agricole prévoit un volume majoritaire pour l'irrigation avec un taux de 37,4 % (Ministère du développement économique, 2000).

La décentralisation

La décentralisation transfère un important pouvoir et une grande responsabilité aux cellules Aic des arrondissements du génie rural au niveau du gouvernorat. Ces cellules jouissent, en théorie, d'un important pouvoir opérationnel mais elles manquent de moyens pour assurer un suivi efficace. Dans la Bvm, la proximité des cellules Aic rattachées aux deux gouvernorats permet de grouper les doléances et de hiérarchiser les interventions avec un souci de traitement optimal pour chaque requête. Sur le terrain, la décentralisation est matérialisée par la couverture des périmètres irrigués par des « chefs périmètres ». Ils sont chargés du suivi de l'exploitation du périmètre et de la gestion du réseau. Ils s'occupent aussi bien des secteurs couverts par les Aic que de ceux qui ne le sont pas dans la circonscription.

La nouvelle politique de la réforme agraire

Une recommandation présidentielle du 15 juin 1999 prévoit l'intensification des interventions de l'Arappi (Agence de la réforme agraire des périmètres publics irrigués) et l'élargissement de ses activités aux zones irriguées privées et aux zones de cultures en sec, tout en faisant bénéficier l'ensemble des gouvernorats. Elle se dénommerait alors Agence foncière agricole (Trabelsi, 1999).

Les facteurs techniques

Avec les nouveaux aménagements des réseaux en conduites sous pression dans les périmètres les plus récents de la Bvm (Kalâat Andalouss, Henchir Tobias et surtout Lezdine) on pratique déjà la distribution de l'eau à la demande auprès des agriculteurs. Cette facilité de l'accès à l'eau doit encourager la création des Aic dans les périmètres qui s'équiperont au fur et à mesure. Le fonctionnement des équipements et le pilotage de l'irrigation étant améliorés avec l'aménagement hydraulique, l'Aht (1996) a constaté que l'organisation des agriculteurs en Gui, Aic, Cas (Coopérative agricole de service) a été consolidée, et que le système de vulgarisation dans les périmètres publics irrigués (Ppi) a été renforcé et mieux adapté aux besoins de la mise en valeur, ce qui a facilité l'affectation et l'utilisation des ressources productives (sol, eau, équipements, intrants, main-d'œuvre...) à des spéculations végétales ou animales dites stratégiques.

Résolution des litiges sociaux

Il existe un effort et une souplesse de traitement des litiges entre le Crda et les Aic. On accorde des facilités de paiement et des échéanciers raisonnables pour permettre aux Aic de régler leurs arriérés

financiers. Ce qui est également relevé pour les Aic vis-à-vis des agriculteurs, eux-mêmes soumis à l'irrégularité de vente de leur production. Le recours à la coupure de l'eau pour les agriculteurs redevables n'est pas systématique.

L'information et la formation

Un plan d'action stratégique a été établi en mai 1990 pour promouvoir le développement, la création et le suivi des Aic en Tunisie et ce par l'organisation et la coordination des séminaires de formation des formateurs (Jennings *et al.*, 1991). Le suivi d'une Aic par les organismes publics demeure nécessaire parce que selon la Dg-Gr (1992), la création d'une Aic ne doit pas être synonyme d'une autogestion totale. En effet, des problèmes peuvent surgir lors du recouvrement des redevances, de la résolution des litiges et des activités de l'entretien préventif régulier. L'Aic a donc besoin d'une assistance ainsi qu'une formation complémentaire pour mieux gérer les aspects économiques, sociaux et techniques qui se présentent aux gestionnaires.

Dans la Bvm, la diffusion de l'information par des moyens informels, comme la transmission des messages par le pompiste, les lieux publics (café, épicerie, écoles), est largement pratiquée. De plus, la cellule Aic des Crda organise régulièrement des journées de formation aussi bien pour les élus des Aic que pour les pompistes. Pour ces derniers, les techniciens chargés de la maintenance du réseau supervisent leur formation. Une ou plusieurs sessions sont organisées dans l'année.

Des voyages vers des régions modèles en termes d'organisation et de gestion (Nabeul, Gabès, Médenine) sont organisés pour la majorité des Aic. Ces tournées constituent parfois, le déclic qui permet aux agriculteurs encore réticents de franchir le pas, et de réfléchir sérieusement sur l'opportunité de création d'une Aic.

Identification des dynamiques locales favorables à la création de nouvelles activités annexes

Selon le Dg-Gr (1992), une Aic peut décider d'entreprendre d'autres activités communautaires, en plus de la vente de l'eau d'irrigation. Elle peut prendre cette décision, si elle souhaite recouvrir des recettes complémentaires ou si elle s'estime capable et intéressée par l'élargissement de ses activités. De ce fait, l'Aic peut :

- recruter une main-d'œuvre qualifiée et permanente ;
- améliorer le réseau d'irrigation et vendre le matériel agricole nécessaire ;
- créer son propre parc agricole (comme dans les Aic du sud tunisien où l'on a investi dans l'achat de matériel moto-mécanisé) ;
- démarrer des activités génératrices de revenus telles que la vente d'engrais, de pesticides... ;
- acheter ou louer un local, se procurer du matériel informatique, télécopieur...

Ces activités représentent une évolution de l'Aic qui peut devenir une véritable organisation communautaire. Dans le court ou le moyen terme, le programme des Aic devrait envisager cette évolution. Cependant, il ne faut pas s'attendre à ce que toutes les Aic deviennent de véritables agents du développement communautaire, (Dggr, 1992).

Quelques exemples illustrent la création d'activités annexes et le renforcement du fonctionnement des Aic dans la Bvm.

L'Aic Touibia, créée en 1998, a déjà reçu l'autorisation pour investir l'épargne 1998 (305 Dt) dans la vente d'engrais, de pesticides, de semences... Les adhérents de cette Aic projettent, en outre, de créer une pépinière, pour favoriser l'essor de l'arboriculture fruitière dans la région.

A l'Aic Tongar (Haute pression) créée en 1993, les adhérents ont entrepris les travaux d'installation de l'irrigation localisée (goutte à goutte). De plus, un point de vente pour les engrais est disponible. L'informatique est prévue pour faciliter le travail du trésorier. Tout cela a été possible grâce au bilan positif enregistré par l'Aic en 1998 (2682 Dt d'excédent positif). Un secrétaire permanent a été embauché par l'Aic.

Pour faciliter les déplacements de son pompiste, l'Aic de Jebel Ammar (Ariana) n'a pas hésité à investir dans une mobylette.

Au sein de l'Aic de Bajou-Ghar El Melh, formée en 1999, les agriculteurs se sont spécialisés dans la production de pommes de terre. L'approvisionnement en semences pose un problème chronique, et l'Aic souhaite prendre en charge l'achat et la distribution des semences à ses adhérents. Ce qui pourra être envisagé dès que l'Aic aura créé le fond de roulement nécessaire.

On constate donc que parmi les 14 Aic visitées, trois ont vraiment commencé à s'investir dans des activités annexes. Ce qui peut s'expliquer par le fait que 70 % des Aic étudiées dans les deux Gouvernorats sont de création récente (1997). Il faudra un peu plus de temps et de souplesse pour que les adhérents s'adaptent à cette nouvelle organisation et pour que les recettes deviennent stables. En effet, dans quelques Aic, le paiement de l'eau d'irrigation reste un problème pour les agriculteurs adhérents compte tenu de l'irrégularité des délais de la perception des revenus des ventes des productions (lait, fourrages, pommes de terre). Ils se retrouvent chroniquement endettés et fragilisés par une menace de coupure d'eau.

Les contraintes d'émergence

La politique agricole

Des incohérences dans les politiques sectorielles

Dans la Bvm, plusieurs orientations agricoles se sont succédé avec des projets de développement parfois antagonistes. Un exemple concerne la décision de développer la filière « lait » dans un objectif d'autosuffisance. Cette politique sectorielle laitière datant de 1992 a atteint le but escompté. Cependant, les effets pervers sont aujourd'hui palpables avec des invendus de lait. Les unités locales de la Stil²³ ne peuvent plus assurer la collecte et le conditionnement de la production laitière excédentaire. Il est nécessaire d'installer des unités d'usinage locales pour traiter toute cette production vouée au caniveau, sachant que les besoins en lait sont sans cesse croissants et que les débouchés ne manquent pas. De plus, les surfaces fourragères ne sont pas compatibles avec cette orientation laitière définie précédemment, puisque les emblavures en céréales nobles et cultures maraîchères leur sont largement supérieures. Il est certain que l'irrigation valorise la polyculture-élevage. C'est pour cela que les conséquences directes et indirectes des mesures apportées doivent être prises en compte dans les politiques sectorielles.

Un cadre institutionnel lourd

Pour qu'un programme réussisse, il doit disposer d'un soutien institutionnel évolutif. Le programme des Aic, en tant qu'effort national, demande un soutien bien défini ; il ne pourra porter ses fruits que lorsque la création des Aic aura dépassé le cadre de la législation (Dg-Gr, 1992).

Selon Aounallah (1998), « l'Aic doit être déliée de toute emprise bureaucratique au risque de la voir satellisée aux structures administratives traditionnelles, considérées inaptées au changement implicite ». Les lois et les décrets ont permis, selon Trabelsi (1999), la création des Aic dans différents domaines : eau, forêt, conservation des eaux et des sols (Ces)... et ont conduit à une spécialisation très prononcée sans qu'elles aient un degré de liberté leur permettant d'étendre leur champ d'action à d'autres possibilités.

Sur le plan juridique, il existe des lacunes dans le code des eaux. Les obligations des usagers sont largement mentionnées mais leur participation effective à la prise de décisions n'est pas citée. Le régime des eaux a perdu son caractère patrimonial assujéti au droit privé pour revêtir un caractère domanial dominé par le droit administratif en vertu duquel l'administration en tant que puissance publique s'est dotée depuis près d'un siècle d'une réglementation sur les eaux.

Des charges de maintenance élevées

En 1985, un projet d'amélioration de la gestion des périmètres a confié progressivement les travaux d'entretien courant et de distribution d'eau aux Aic. Cependant, ces interventions demeurent largement

23. Société tunisienne d'industrie laitière.

tributaires des arrondissements d'exploitation et de maintenance des équipements hydrauliques des Crda (Hamdane, 1991). Cet état de fait est toujours d'actualité plus particulièrement pour un calibrage des conduites supérieur à 150 mm.

Dans les budgets des Aic, la part des dépenses de maintenance occupe une place importante. Ainsi, dans l'Aic de Tongar Laroussia, secteur haute pression (Crda Ariana), — Aic irréprochable et modèle exemplaire de gestion que de nombreux groupes d'agriculteurs visitent — la maintenance a coûté à l'Aic près de 2872 Dt sur un total des dépenses avoisinant les 3647 Dt (dinars tunisiens²⁴), soit 79 % des dépenses pour l'année 1998 ; le reste des dépenses étant constitué des salaires des pompistes et du secrétaire. Les recettes étant assez importantes, l'Aic a même dégagé un bilan budgétaire excédentaire, pour la même année.

Pendant l'année de grâce qui est accordée la première année aux Aic, les Crda les soutiennent en intervenant dans les diverses réparations du réseau.

Par ailleurs, les Aic se plaignent d'investir une part du budget en formation pour des pompistes. La formation de nouveaux pompistes, recrutés pour une durée déterminée puisque les Aic ne peuvent les embaucher à terme, constitue, en effet, une charge d'investissement supplémentaire pour l'Aic. De plus, les agriculteurs sont lassés de ces changements perpétuels.

Encadrement de proximité

Une étude réalisée dans les régions d'El Alia et de Tobias (Gouvernorat de Bizerte) a souligné une insuffisance dans les moyens de locomotion, un manque de main-d'œuvre spécialisée ainsi qu'un changement fréquent de vulgarisateurs dans les périmètres (Aht, 1996). On a pu observer que la mobilité des vulgarisateurs restait réduite même s'ils font des efforts pour acheminer l'information dans les coins les plus reculés. De plus, le taux de couverture (nombre de vulgarisateurs/surface cible) demeure très faible.

Les facteurs techniques

Obsolescence du réseau d'irrigation

L'absence de gestion de la demande en eau engendre des décisions sur les investissements qui ne sont pas rentables économiquement à long terme. Ces choix ont entraîné un manque d'efficacité économique général des réseaux d'irrigation décadents à l'image de ceux du nord avec comme résultat ultime des coûts élevés et une qualité médiocre des services fournis (Groupement Bechtel International, 1999).

L'ancienneté et la dégradation du réseau des périmètres publics de la Bvm ne facilitent pas le travail associatif. L'adhésion des irrigants à la prise en charge du réseau dans le cadre des Aic est tributaire de la rénovation de ces équipements.

A Mansoura (Gouvernorat de l'Ariana), localité où est prévue la création de trois Aic, la dégradation du réseau et l'affaissement des canaux à ciel ouvert alimentés à partir des eaux de la Medjerda ont entraîné une perte de charge de l'eau qui est passée de 25 l/s à 15 l/s ce qui a diminué le temps fictif de distribution de l'eau de 8 à 4 h. Par ailleurs, au niveau de l'Aic de Jedaïda, sur ce type d'ouvrage, les voles d'eau en amont sont courants, et les conduites sont devenues un lieu de décharge pour les habitants riverains. A Cherfech II, les travaux de curage de la tête du réseau avaient commencé début 1999, mais ils ont été arrêtés par la direction de l'équipement, à défaut d'autorisation. Par conséquent, les agriculteurs conditionnent le fonctionnement de l'Aic (officiellement créée) à la reprise de ces travaux. Ces difficultés sont communes à l'ensemble du réseau de la Bvm qui apparaît alors obsolète. Ce qui explique aussi les faibles taux d'intensification des cultures.

Cherté du matériel d'irrigation

Jusqu'à la promulgation du nouveau code des investissements, le coût du matériel d'irrigation était un facteur limitant pour les petites exploitations qui n'avaient pas assez de trésorerie pour s'équiper. Il reste à

24. 1Dt équivaut à environ 5 Francs français.

l'heure actuelle des difficultés liées à l'importance des fonds propres conjuguée à l'endettement des petits agriculteurs. En effet, beaucoup d'agriculteurs désireux de s'équiper en micro-irrigation ne peuvent le faire en raison de leur endettement et de l'avance de 15 % de fonds propres pour l'acquisition du matériel.

Le rapport n°11 de l'atelier de réflexion sur la stratégie de mise en valeur à la parcelle (Aht, 1996) a révélé que malgré la facilité d'accès des agriculteurs au matériel mobile d'aspersion (disponibilité, subvention), on a constaté une réticence de certains agriculteurs à s'équiper (coût d'installation élevé pour des surfaces moyennes de 1 ha/exploitant (cas de Bajou, Rass Jbel dans le Gouvernorat de Bizerte). Le coût de l'installation du goutte à goutte s'élève à 6 000 Dt/ha pour une superficie inférieure à 5 ha, il se situe entre 2 000 et 2 500 Dt/ha pour une superficie supérieure à 5 ha (Rahmoune-Baudu, 2000).

Qualité de l'eau d'irrigation

Outre l'inconstance de la pression, la qualité de l'eau de la Medjerda (salinité, algues, résidus solides) ne s'adapte pas à l'aspersion (Aht, 1996). Il faudrait par conséquent intervenir à l'amont pour espérer que ce mode d'irrigation se répande conformément aux aspirations de l'administration.

Répartition des bornes d'irrigation

Le nombre élevé d'agriculteurs (de 1 à 4) par borne pose de réelles difficultés, en particulier pour fixer le tour d'eau et la consommation par associé. De plus, il y a un problème de commodité d'emplacement des vannes (disposition empirique) et un certain nombre d'agriculteurs se retrouvent alors éloignés.

Les associés organisent eux-mêmes les tours d'eau mais les vannes collectives constituent des sources de conflits. Il suffit qu'un agriculteur ne paye pas sa redevance à temps, pour que tous les autres partageant la même borne soient pénalisés.

Désorganisation de l'allocation de l'eau

La dualité d'utilisation eau potable/eau d'irrigation pose un sérieux problème aux associés étant donné qu'on ne respecte pas les temps impartis pour s'alimenter en eau potable. Les habitants s'approvisionnent quelle que soit l'heure, ce qui engendre une chute de pression pendant les arrosages. De leur côté, les agriculteurs ne respectent pas non plus les temps d'irrigation fixés.

Par ailleurs, pour certains agriculteurs pratiquant l'irrigation au goutte à goutte, tout le volume d'eau demandé est fourni d'une seule traite, alors que les besoins des cultures sont variables au cours d'une même journée. Ce qui rend le pilotage de l'irrigation difficile.

Les facteurs économiques

Sur le plan des instances d'encadrement, il n'existe pas un système de budgétisation uniforme pour les activités de promotion, d'assistance et de suivi des Aic (Jennings *et al.*, 1991). En plus, les cellules des Aic au sein des Crda manquent généralement de personnel : un à deux agents par cellule et qui ont généralement d'autres fonctions au sein de l'arrondissement génie rural. De ce fait, les auteurs suggèrent d'apporter une assistance financière au profit des différentes cellules régionales, en vue de favoriser la création et le démarrage d'Aic, et de soutenir ainsi les efforts du Crda.

On note des difficultés concernant la collecte des contributions et des paiements des factures dans la majorité des Aic visitées. Les impayés d'eau sont directement reliés à la vente des productions agricoles. En effet, le déséquilibre budgétaire des Aic peut être imputé à l'endettement quasi chronique des agriculteurs. Ces derniers ne perçoivent pas leurs avoirs à la vente de leur production laitière. Ils peuvent parfois attendre pendant 1 à 3 mois avant d'encaisser le moindre sou. Ils se retrouvent alors avec des cumuls d'impayés élevés qu'ils ne peuvent pas régler en une seule fois.

Dans la Bvm, l'état lié au fond de roulement de l'Aic, en période pluvieuse est par conséquent, préoccupant. Le budget de l'Aic pâtit sérieusement, en effet, d'une faible vente d'eau. L'exemple des volumes d'eau vendus par l'Aic de Tongar-Laroussia (Crda Ariana) au cours des mois de mars 1998 et 1999, respectivement de 11 952 m³ et 576 m³, est éloquent sur la variabilité des volumes traités.

Par ailleurs, les Aic sont confrontées à la difficulté d'identifier le redevable dans les périmètres où le mode de faire valoir indirect est élevé. C'est le cas des périmètres sud-est de Bizerte et de Drijat (Crda Ariana). Il serait judicieux de faire préciser par la loi ou de fixer dans le règlement intérieur de toute Aic, l'identité du redevable (locataire ou propriétaire).

A l'échelle de l'Aic, la difficulté est surtout liée à l'insuffisance de personnes qualifiées dans la gestion financière et administrative. Ainsi, parfois, certains trésoriers, élus principalement pour leur sagesse ou leur pouvoir de médiation sont analphabètes. Les formations organisées par le Crda ne peuvent leur être d'aucun secours puisqu'ils n'y participent même pas. Comme la fonction reste bénévole, c'est souvent des retraités instruits qui contribuent à la gestion financière de l'Aic.

Les facteurs sociaux

Jennings et al. (1991) ont rapporté que la plupart des responsables reconnaissent qu'en matière de promotion des Aic, on n'a pas fait suffisamment appel aux spécialistes des sciences sociales pour analyser les attitudes, les comportements et les valeurs du monde rural et pour sensibiliser les irriguants à la nouvelle conjoncture.

Détournements techniques de l'appareillage de l'irrigation

Le rapport de l'Aht en 1996 a signalé un manque de discipline et de « responsabilisation » de certains agriculteurs que traduisent les manipulations illégales des appareillages (destruction de matériel, vol de l'eau, technique d'irrigation inadéquate).

Vulgarisation non ciblée

L'absentéisme des propriétaires dans la région de Tobias et la pluriactivité des populations dans la région d'El Alia (transporteurs routiers) rendent le travail de vulgarisation non ciblé (Aht, 1996).

Le morcellement du foncier

Le morcellement excessif et le nombre élevé d'agriculteurs sur une même borne entravent le bon fonctionnement des groupements unitaires d'irrigation (Gui) (Aht, 1996). En fait, le foncier est considéré comme le facteur social en cause dans la complexité de l'équipement technique.

Verrou « psychologique » envers tout ce qui est « coopératiste »

La phase des coopératives des années 68-70, a marqué les esprits. On note une réticence à se grouper en organisation, et on craint la multiplication des responsabilités.

Dans la région de Mansoura, l'expérience de la coopérative de services créée en 1994 est vécue comme un échec. Le nombre d'adhérents étaient 120 en 1994 et il n'en restait qu'une vingtaine en mai 1999. La quantité de lait collectée est passée de 7 000 l/j à moins de 1 000 l/j (Cra Mansoura, 1999). A Cherfech II (Ariana), on a ouvertement évoqué les expériences très récemment ratées de deux coopératives de services créées. L'une a disparu depuis 2 ans, et l'autre connaît un retrait massif des agriculteurs. La méfiance envers ce qui est associatif est notable.

Stratégies possibles pour un usage optimal de l'eau d'irrigation

En Tunisie, les conditions climatiques sont aléatoires, le taux de mobilisation des eaux et les risques de réduction de la capacité des ouvrages du fait de l'envasement sont élevés. Depuis l'exploitation des nappes profondes non renouvelables et les problèmes de dégradation de la qualité des eaux destinées à l'irrigation, une prise de conscience s'est développée pour la maîtrise des économies dans l'utilisation hydraulique et agronomique de l'eau (Hamdane, 1991).

Cadre institutionnel de l'économie de l'eau

Pour assurer l'économie de l'eau, le législateur tunisien a organisé l'exploitation de l'eau par des lois et des décrets. En effet, l'article 86 du chapitre VI du code des eaux (1978) indique que « la programmation de l'utilisation des ressources en eau du pays doit, tout en assurant la préservation quantitative et qualitative de ces ressources, procéder du principe de la valorisation du maxima du mètre cube d'eau à l'échelle du pays, et compte tenu des exigences minima de qualités obtenues à des conditions économiques acceptables ». L'article 90 du même code stipule qu'au cas où les utilisations existantes de l'eau conduiraient à un

gaspillage, l'administration pour y remédier, peut recommander les mesures appropriées ou rappeler les prescriptions réglementaires prévues à cet effet ».

Pour cela, l'article 96 signale que « l'administration peut accorder des aides financières et techniques pour les travaux tendant à réduire les pertes d'eau, à condition que ces travaux s'avèrent économiquement rentables et techniquement réalisables ». Tendant à renforcer cette stratégie nationale en matière d'économie d'eau, une décision présidentielle du 26 septembre 1997 augmente la subvention sur tout matériel agricole d'irrigation localisée.

Le renforcement des avantages accordés aux irriguants, pour s'équiper en matériel permettant l'économie de l'eau, tels qu'inscrits dans le code des investissements a eu un effet très positif. Il est vrai que les taux de subventions élevés (40 à 60 % du montant de l'investissement selon la catégorie de l'exploitant) ont stimulé la demande.

Agir sur la demande en eau agricole

En 1996, l'irrigation a consommé plus de 83 % des volumes distribués à tous les secteurs. La stratégie du secteur de l'eau en Tunisie prévoit de réduire la demande en eau agricole, avec pour objectifs l'efficacité du réseau à 90 %, la consommation minimale/ha et l'application des coûts réels pour la tarification (Groupe de réflexion, 1998). La définition de la demande en eau dans le secteur agricole consiste à imaginer des mécanismes susceptibles de concilier des objectifs antagonistes : conserver la ressource, assurer l'efficacité économique, préserver l'équité sociale et surtout garantir la faisabilité économique.

La demande en eau d'irrigation agricole en 1996, pour l'ensemble de la Tunisie a été de 2 115 millions de m³. L'accroissement de la demande en eau agricole est estimé à 1,06 % par an en moyenne depuis 1996 jusqu'à 2030, date à laquelle, on prévoit une baisse du volume d'eau allouée à l'agriculture. Elle serait, basée essentiellement sur la diminution de la consommation à l'hectare, à l'échelle globale du pays, soit un taux de décroissance de 1 % par an.

La baisse de consommation à l'hectare serait probablement renforcée par l'application dans le futur, d'une tarification rationnelle incitant les agriculteurs à utiliser de plus en plus des techniques d'économie d'eau, (Groupe de réflexion, 1998).

Les estimations actuelles de la demande en eau d'irrigation tablent sur la demande programmée par le Crda. La méthode suivie aujourd'hui consiste en l'évaluation des types de cultures pour la campagne annuelle en vue de les utiliser dans l'estimation du volume total d'eau à libérer des réservoirs. Ce système n'implique pas d'engagement d'utilisation ni de paiement du volume demandé, ce qui entraîne souvent de grandes disparités entre les volumes d'eau actuellement demandés et les volumes utilisés. A cause de l'incertitude du climat et du manque d'engagement financier pour l'eau demandée, le Crda tend à amplifier les estimations pour les besoins en eau de la saison. Ces surestimations provoquent des lâchés d'eau démesurés des réservoirs (Groupement Bechtel International, 1999). La figure 2 illustre la gestion actuelle de la demande en eau dans le secteur agricole. Elle ne tient pas compte des besoins estimés par les agriculteurs et répercutés par les Aic. Le Crda seul établit un chiffrage estimatif de ces besoins.

Stratégies de la gestion de la demande en eau

La stratégie à long terme est fondée sur l'identification des contraintes, de la disponibilité des ressources, de l'impact de la concurrence sur la demande, ainsi que l'équilibre entre l'équité sociale et la rentabilité de l'eau. Le premier axe d'orientation stratégique assigné au secteur de l'eau concerne la gestion de la demande en eau, la décentralisation et l'implication des usagers.

Les indicateurs de l'engagement, même timide, de la Tunisie dans la voie de la gestion de la demande sont :

- un programme d'économie d'eau en cours d'exécution ;
- une décentralisation par la création et le renforcement des Crda ;
- un recouvrement partiel des coûts de gestion et de maintenance du réseau par une tarification progressive ;
- une allocation et une gestion intra-périmètre matérialisée par la création des Aic (Groupement Bechtel international, 1999).

Evolution de la gestion de la demande en eau

Une réflexion prospective (Groupement Bechtel International, 1999) fait état de deux stratégies dans la gestion de la demande en eau. La première, dite *stratégie évolutive* met l'accent sur la gestion de la demande avec une hiérarchisation des interventions. La seconde nommée stratégie réformatrice consiste à introduire les réformes indispensables qui mènent à une gestion de la demande. Elle est dictée par la nécessité de parvenir à la vérité des prix par une politique tarifaire appropriée de la ressource qui aboutit d'une manière progressive au recouvrement total des coûts y compris les coûts d'investissements. La gestion décentralisée est le fer de lance de cette stratégie. De plus, l'Etat sera l'arbitre entre les usages alternatifs inter-régionaux et inter-sectoriels, en assurant la sécurisation de la ressource et la fiabilité de l'approvisionnement notamment en période de sécheresse aiguë et prolongée.

Dans la figure 3, les deux stratégies sont couplées. (La *stratégie évolutive* est illustrée en italique). Pour chaque niveau hiérarchique, les tâches qu'il devra assumer sont regroupées, dans la perspective d'une meilleure gestion de la demande en eau.

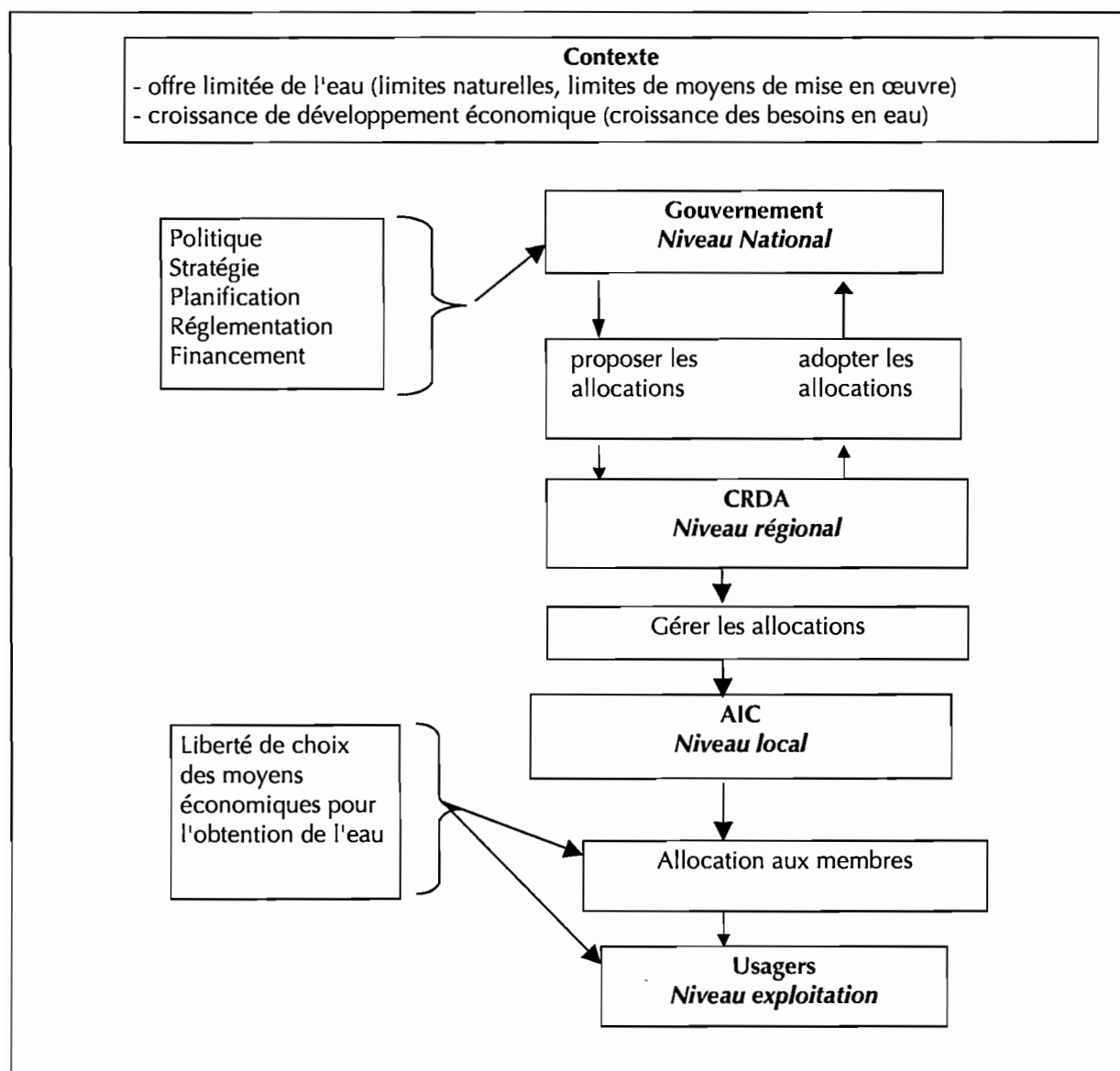


Figure 2. Schéma de la définition de la gestion de la demande de l'eau dans le secteur agricole. (Source : Groupement Bechtel international, 1999).

Economie de l'eau et organisation des irrigants

Du point de vue technique, les arguments plaident en faveur de la prise en charge progressive du réseau d'irrigation par l'Aic. Cette prise en charge constitue en elle-même un avantage pour l'économie de l'eau : d'une part, la gestion collective du réseau va inciter les associés à le préserver de toute dégradation quelles que soient ses origines, d'autre part, toute panne ou fuite détectée sera très vite réparée et le gaspillage ainsi évité.

Les Aic du sud tunisien doivent leur réussite à la bonne gestion de la ressource. Elles limitent d'elles-mêmes les surfaces exploitées par les sources, ne permettant ni extension de la palmeraie ni forages illicites. Ces derniers, phénomène récent, étant justement dus à la non-organisation en Aic.

Les Aic sont perçues comme des structures adéquates pour une gestion véritable de l'eau. Les prévisions de la demande en eau devraient en être plus fiables, en raison d'une meilleure gestion de l'eau et de l'application de réformes complémentaires dans le secteur, induisant une plus grande efficacité et une meilleure estimation des besoins. Ainsi, à l'avenir, l'Aic pourrait être financièrement responsable des demandes en eau qu'elle établit tout en ayant la liberté de disposer de ses allocations d'eau comme elle l'entend.

Le secteur irrigué pourra toujours bénéficier d'un soutien partiel de l'Etat, compte tenu de son importance socio-économique en matière de sécurité alimentaire et de fixation de la population rurale.

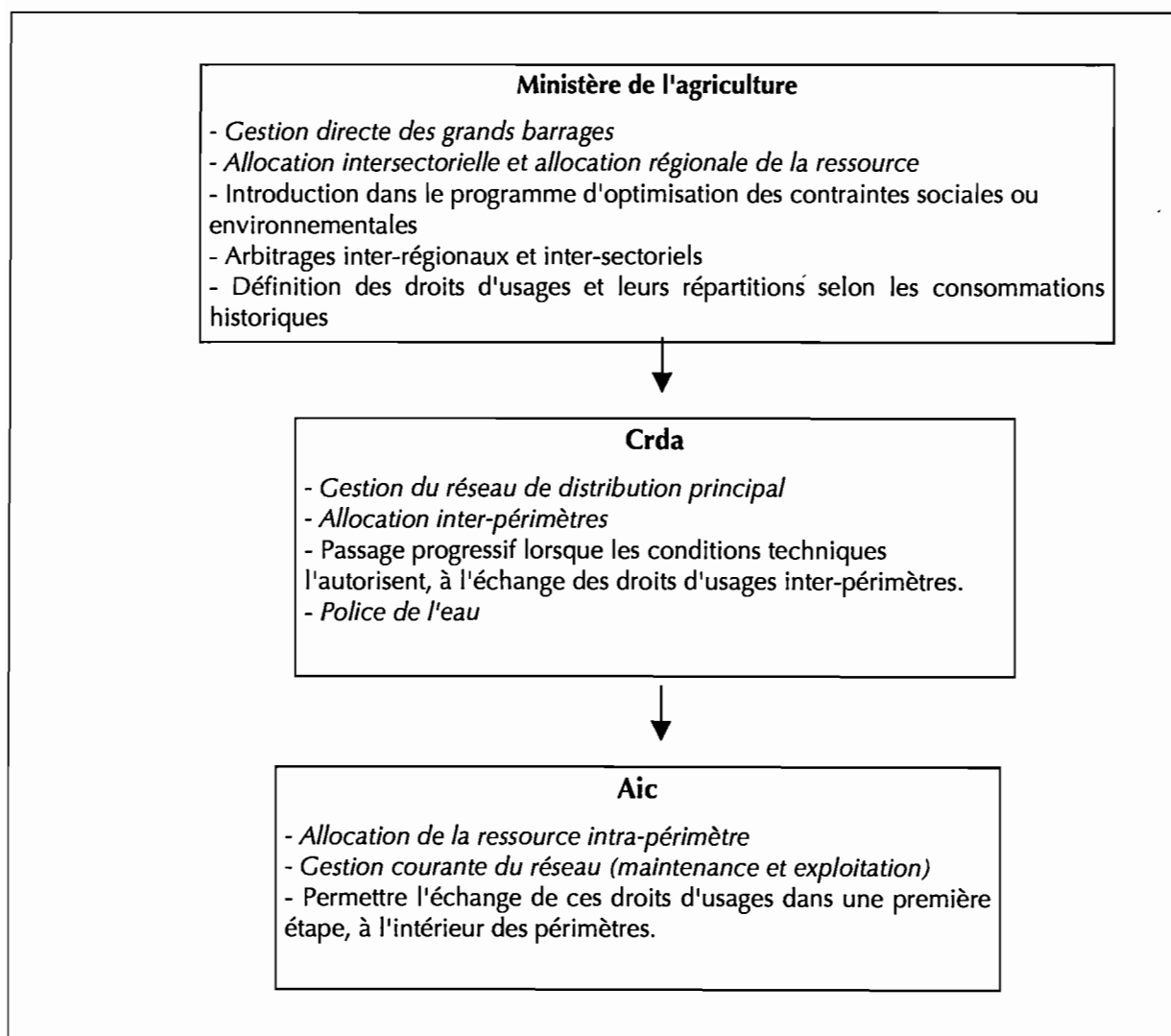


Figure 3. schéma couplant des stratégies évolutive et réformatrice de la gestion de la demande en eau.

Les agriculteurs sont conscients des changements structurels en cours pour valoriser au mieux l'eau d'irrigation. Ils estiment qu'à leur niveau et dans les limites de leurs moyens, le maximum est fait pour éviter les pertes. Cependant, ils sont prêts à fournir des efforts pour adapter les modes d'irrigation en fonction de leurs cultures, à condition de bénéficier d'un soutien pour l'investissement dans la micro-irrigation et le goutte à goutte. De plus, ils estiment qu'on doit leur fournir en amont une eau de qualité pour le bon fonctionnement des différents appareillages.

Choix cultureux en cas de sécheresse

Les années 1987, 1988 et 1989 ont été des années de sécheresse exceptionnelles. La maîtrise et la rationalisation de l'utilisation des ressources en eau de surface et souterraine ont permis au cours de ces années de minimiser, dans une large mesure, l'ampleur de l'impact des effets de la sécheresse.

Afin de pouvoir définir un plan d'opérations et retenir la solution pour une utilisation optimale de l'eau, une étude a été menée et a pris en considération :

- la période sur laquelle va porter le plan d'opérations ;
- les besoins normaux des différents secteurs durant la période retenue ;
- le stock disponible pouvant être utilisé pendant cette période ;
- l'identification de plusieurs scénarios avec des pourcentages variables de couverture, des besoins et leurs implications, (Khazen et Abid 1991).

Le plan d'action optimal adopté consiste, selon la même source, à irriguer dans les proportions de 70 à 100 % des besoins en eau pour l'arboriculture, et 60 à 80 % pour les cultures annuelles avec une faible réduction de superficie. Ce programme peut être révisé, si de longues périodes de fortes chaleurs se manifestent (sirocco). Il est recommandé l'octroi de crédit spécial aux exploitants, l'institution de subventions...

Ces mêmes auteurs pensent que la « responsabilisation » des utilisateurs par la mise en place des Aic peut assurer une bonne gestion de l'eau en cas de sécheresse.

Modes d'irrigation utilisés dans les Aic de la Bvm

Le mode d'irrigation le plus répandu reste le gravitaire dans la Bvm.

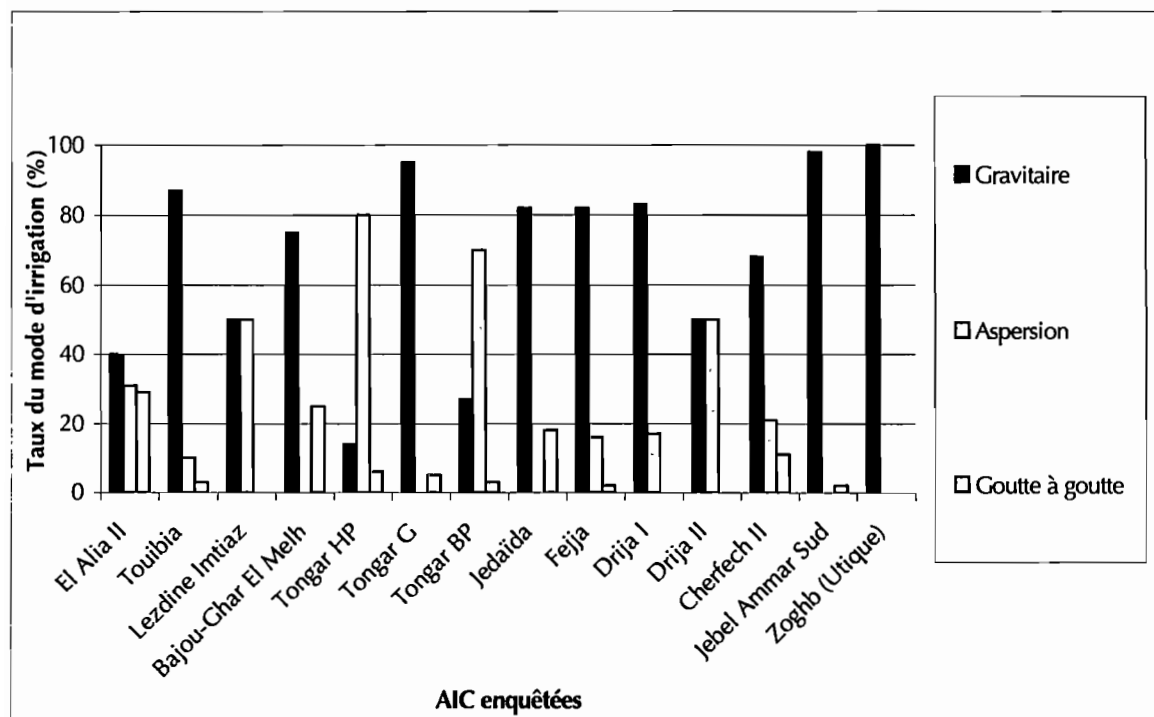


Figure 4. Modes d'irrigation pratiqués dans les Aic de la Bvm. Source : enquêtes, 1999.

Conclusion générale

Le programme des Aic prend de l'essor. L'existence d'une politique nationale de soutien bien définie, une prise de conscience croissante de leur utilité sont autant de facteurs qui favorisent leur extension. Un nombre accru de personnels formés, la collaboration entre les ministères concernés, et l'exemple de réussite notable de certaines Aic ont aidé le programme à arriver à un stade bien avancé (Dg-Gr, 1992).

Les objectifs affichés dans le court et le moyen termes, sont une meilleure exploitation et un entretien minutieux des systèmes d'irrigation. Cette orientation implique les priorités suivantes :

- la création des structures institutionnelles appropriées et l'affectation d'un personnel suffisant pour soutenir les Aic ;
- l'amélioration du processus administratif de création d'Aic durables ;
- la mise en place d'un programme d'entretien rigoureux ;
- la formation du personnel au niveau du gouvernorat pour un suivi plus performant ;
- la poursuite de la sensibilisation des responsables du gouvernorat et des populations rurales sur l'importance du programme ;
- la définition d'un système de gestion financière réaliste ;
- l'élaboration d'un système de suivi et d'évaluation.

Sur le plan national et dans le cadre des objectifs visant à assurer une meilleure gestion des réseaux, l'amélioration des services rendus et la maîtrise des charges de maintenance et de fonctionnement, le transfert progressif de la gestion des réseaux d'exploitation et de distribution aux bénéficiaires se poursuit. Sur le plan institutionnel, les Aic, doivent être soutenues par une législation évolutive spécifique et renforcée par la formation des ressources humaines, (Collectif de réflexion, 1998). Ce volet reste toujours d'actualité en 2001.

Il est également indispensable de renforcer le cadre législatif pour marquer le nouveau rôle de l'Etat. Dans le but d'appliquer le désengagement tout en continuant à assurer l'amélioration des opérations de contrôle de développement et d'utilisation des ressources, les objectifs suivants sont fixés :

- la mise en place des droits d'usage et la préservation des droits existants ;
- le rôle national régional et local des institutions de gestion des eaux en particulier la place de la gestion participative ;
- l'échange efficace de l'information entre tous les gestionnaires des eaux.

La volonté politique est aujourd'hui d'encourager la gestion participative. Des efforts sont déployés à tous les niveaux, pour aider les Aic à prendre en charge l'exploitation et la maintenance des ouvrages de distribution d'eau. Il est donc vivement recommandé que les textes réglementaires puissent s'inscrire dans le sens de cette volonté pour légitimer leur existence .

Dans la Bvm, le travail associatif est en phase de croissance timide mais certaine. Néanmoins, les problèmes les plus chroniques tels que la dégradation du réseau d'irrigation, le morcellement foncier dans l'exploitation des parcelles, l'insuffisance du travail d'appui et de vulgarisation risquent d'entraver l'épanouissement de ces associations. Techniquement, la modélisation de la demande en eau réelle des périmètres irrigués est par conséquent compromise puisque l'évaluation globale n'est pas possible.

Bibliographie

AHT, 1996. Stratégie de mise en valeur à la parcelle. Atelier de réflexion. Rapport n°11 Cfpf de Remel 26-29 février 1996.

AOUNALLAH. M., 1998. Pour des Aic plus performantes. Tounes El Khadra n°189, septembre 1998, p. 9-10.

CODE DES EAUX, 1994. Imprimerie officielle de la République tunisienne.

CRDA Bizerte, 1999. Programme de la journée de sensibilisation des Aic. Centre Errimel, le 08 mai 1999.

DG-GR, 1992. La stratégie nationale pour la création et le suivi des associations d'intérêt collectif d'eau potable.

- EAU-2000, 1993. Rapport Final. Bilans – Ressources – Besoins. Economie d'eau 2000.
- ECONOMIE EAU, 2000. Tunisie. Les dépenses publiques dans le secteur de l'eau. Coyne & Bellier in Groupe Bechtel international
- ELLOUMI. M, 1997. Mutation des sociétés rurales et développement durable dans les pays de la rive sud de la Méditerranée. Centenaire de l'INAT, deuxième séminaire 15-16 décembre 1997.
- ENNABLI. N., 1995. L'irrigation en Tunisie. Imprimerie officielle, p. 469.
- GROUPE DE REFLEXION, 1998. Eau 21. Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme 2030. Rapport Final. Ministère de l'agriculture.
- HAMDANE. A., 1991. L'agriculture irriguée en Tunisie. Gestion de l'eau dans les périmètres irrigués. Projet de formation et de développement pour l'économie de l'eau en irrigation TU91/ 002- Pnud.
- JENNINGS. L., EL AMOURI.T., FRIQUI. M., 1991. Analyse institutionnelle. Ispan Report n°43.
- KHAZEN.A., ABID. A., 1991. Gestion des ressources en eau de surface pendant la sécheresse des années 1987-88-89. Actes de la 9^e journée des ressources en eau 25 avril 1991 Dgre.
- MHIRI. M, 1998. Mobilisation, exploitation et conservation des ressources naturelles sur la rive sud de la Méditerranée. Centenaire de l'Inat, symposium international 13-14 mai 1998.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 1994. Associations d'intérêt collectif : Loi, Décret, Statut type.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 1992. La stratégie nationale pour la création et le suivi des Aic.
- MINISTERE DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE, 2000. Le 9^e Plan de développement Economique. Les politiques sectorielles et sociales.
- RAHMOUNE-BAUDU. L., 2000. Associations des irriguants en Tunisie. Enjeux et défis. Etude diagnostic des Aic de la Basse Vallée de la Medjerda. Rapport d'étude, Ird.
- TRABELSI. S., 1999. L'organisation, la gestion collective et la préservation des ressources naturelles. Essahafa n°16229, 11 mai 1999. Quotidien arabophone.

Gestion du système hydraulique de l'Office du Niger : évolutions récentes et perspectives

Issoufou KEITA*, Jean-François BELIERES**, Souleymane SIDIBE***

*Office du Niger, BP 106 Ségou, Mali

**Cirad-Tera, Office du Niger

***Direction de l'aménagement et du développement rural de l'Office du Niger

Résumé — Au Mali, à partir du barrage de Markala sur le fleuve Niger, sont aujourd'hui irrigués gravitairement environ 74 000 ha dont plus de 60 000 ha dépendent directement de l'Office du Niger organisme public qui assure la gestion de l'eau pour l'ensemble du système. Le domaine à aménager reste vaste puisque à l'origine, le projet prévoyait près d'un million d'hectares irrigués et les infrastructures ont été conçues dans cet objectif. Après une longue période de stagnation, la zone de l'Office du Niger connaît depuis une décennie une croissance agricole soutenue. A l'origine de ces changements, les réformes engagées parmi lesquelles la mise en place d'une gestion paritaire de l'eau entre l'Office du Niger et les exploitants après réhabilitation et « modernisation » des aménagements occupent une place de choix. L'organisation pour assurer la gestion de l'eau, la gestion de la maintenance et le recouvrement de la redevance constitue un acquis majeur de la dernière décennie mais qui reste encore à améliorer. L'eau ne constitue pas aujourd'hui une contrainte majeure pour le développement de la zone, mais pourrait le devenir à moyen terme avec l'extension du domaine aménagé et la croissance de la demande non agricole. L'amélioration de la gestion de l'eau constitue donc un défi majeur pour les prochaines années avec pour objectifs d'assurer la pérennité des infrastructures, d'économiser la ressource, de diminuer les coûts du service et de garantir la qualité de l'eau.

Abstract — **The management of the Office du Niger's hydraulic system: recent developments and outlook.** In Mali, the Markala dam on the river Niger now provides gravity-fed irrigation for about 74 000 ha, 60 000 ha of which depend directly on the Office du Niger, a public organization responsible for managing the water in the entire system. A vast area still needs to be improved because the project was originally meant to irrigate 1 M ha and the infrastructure was designed accordingly. After a long period of stagnation, there has been steady agricultural development in the zone covered by the Office du Niger over the last decade. These changes are due to the reforms that have been implemented which include the establishment of a water management system that ensures parity between the Office du Niger and farmers, once the installations have been restored and "modernized". In the last decade, the organization of water management, maintenance and rent collection has improved tremendously, although there is still room for improvement. At the moment, water is not a major limiting factor for the zone's development. However, it could become so in the medium term with the extension of the improved area and the growth in the non-agricultural demand for water. Therefore, improving water management will be a major challenge in the next few years. The objective should be to ensure that the infrastructure is permanent, to economize the resource, reduce the costs of the service and guarantee water quality.

Introduction

Parmi les périmètres irrigués d'Afrique de l'Ouest, l'Office du Niger au Mali est l'un des plus grands et des plus anciens. A partir du barrage de Markala sur le fleuve Niger, sont aujourd'hui irrigués gravitairement environ 74 000 ha dont plus de 60 000 ha dépendent directement de l'Office du Niger, établissement public d'intérêt commercial qui assure la gestion de l'eau pour l'ensemble du système. Mais le domaine à aménager est bien plus vaste puisque, à l'origine, le projet prévoyait un peu moins d'un million d'hectares irrigués.

Jusqu'au début des années 80, la gestion de l'eau était assurée, de manière autoritaire, par le seul personnel d'encadrement de l'Office du Niger en raison de la conception du réseau et de la constitution même des infrastructures terminales. Cette absence de participation des paysans à la conduite des irrigations n'était qu'un des éléments d'une gestion étatique de l'ensemble de la filière riz irrigué.

Dans les années 80, l'Office du Niger a amorcé un processus de désengagement des activités productives et commerciales et de mise en place d'une gestion paritaire de l'eau après réhabilitation et « modernisation » des aménagements. La création d'un véritable service de l'eau et la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion fondés sur la participation des usagers, la transparence de la fixation et de l'utilisation de la redevance et de nouvelles modalités visant une gestion par la demande se sont traduits par des résultats spectaculaires (Goro, 1998 ; Keita *et al.*, 1999).

L'Office du Niger s'engage aujourd'hui dans l'extension du domaine aménagé. Il devra donc faire face à une augmentation de la demande agricole mais aussi une augmentation de la demande non agricole avec des exigences de qualité et de préservation des ressources naturelles et des autres activités productives liées à l'irrigation. Cette contribution rappelle l'évolution récente de la gestion de l'eau à l'Office du Niger qui en s'adaptant à la demande agricole a permis une véritable révolution verte au cours de ces 10 dernières années. Elle décrit l'organisation actuelle entre l'Office du Niger et les exploitants en ce qui concerne la gestion de l'eau, la gestion de la maintenance et le mode de recouvrement de la redevance. Enfin, elle présente une analyse succincte sur les intérêts et les limites des modes actuels de gestion et trace quelques perspectives pour leur évolution.

Car aujourd'hui, les enjeux sont de satisfaire une demande en eau qui va aller en augmentant en raison des options de croissance de l'agriculture irriguée et des demandes sociales et environnementales qui se feront toujours plus pressantes, dans une situation de ressource limitée pendant certaines périodes de l'année.

L'Office du Niger : une zone avec une forte croissance agricole

La zone de l'Office du Niger : présentation et rappels historiques

La zone de l'Office du Niger est la partie occidentale de ce qu'on appelle le delta central nigérien. La zone actuellement aménagée (figure 1) est principalement localisée dans le delta mort ainsi nommé parce qu'il se trouve hors des limites d'inondation annuelle du fleuve, alors qu'autrefois il constituait une région lacustre.

Dans les années 20, l'identification de ce site a conduit l'ingénieur français François Bélimé à concevoir un vaste projet d'aménagement hydro-agricole avec la remise en eau des anciens défluent du Niger qui nécessitait la construction d'un barrage sur le fleuve et le creusement d'un canal adducteur et deux canaux principaux. Le projet initial (1929) prévoyait l'aménagement de 960 000 ha dont 510 000 ha pour la culture du cotonnier et 450 000 ha pour le riz. C'est pour la réalisation de ce vaste programme que fut créé l'Office du Niger. La zone comprend huit systèmes hydrauliques (figure 1) correspondant aux terres dominées par le barrage de Markala et donc potentiellement irrigables par gravité ainsi que leur zone d'influence. La surface totale est d'un peu plus de 2,8 millions d'hectares (Sogreah - Bceom - Betico, 1999).

Les réalisations sont restées bien en deçà des objectifs initiaux avec, à l'indépendance, 45 000 ha aménagés dont seulement 82 % cultivés. Au début des années 80, les superficies aménagées étaient inférieures à 50 000 ha, la culture du cotonnier avait été abandonnée, les aménagements étaient dans un état de dégradation avancé, la situation économique et sociale des paysans (les « colons ») n'était pas bonne. Il fut

alors décidé de consolider l'existant et d'accorder la priorité à la réhabilitation des casiers pour intensifier la production rizicole et ainsi contribuer aux objectifs d'autosuffisance alimentaire du pays. Des mesures économiques et institutionnelles furent prises pour relancer la production avec notamment l'abolition de la « police économique » en 1984 et la responsabilisation des producteurs avec la mise en place des associations villageoises, le relèvement du prix administré du paddy, la libéralisation du commerce du paddy en 1986, la restructuration et le désengagement des activités productives et commerciales de l'Office du Niger (de 1988 à 1994) et la signature du premier contrat-plan entre l'Etat, l'Office du Niger et les exploitants agricoles (fin 1995). Enfin, la dévaluation du franc Cfa en 1994 a amélioré la rentabilité et la compétitivité de la filière rizicole locale (Mendez del Villar *et al.*, 1995 ; Mariko *et al.*, 1999).

Au tout début de l'année 2000, ce sont 74 000 ha environ qui sont aménagés et irrigués à partir du barrage. Cette superficie est ainsi répartie : (i) 55 600 ha d'anciens casiers dont 44 % réhabilités ; (ii) 1 600 ha de nouveaux casiers ; (iii) 5 800 ha de casiers gérés par la Sukala (périmètres sucriers) ; 3 000 ha aménagés pour la submersion contrôlée et gérés par l'Office riz Ségou (Ors) et (iv) 8 000 ha environ de hors casiers dont près de 2 000 ha améliorés récemment.

Une croissance agricole soutenue depuis une décennie

Depuis la fin des années 80, la zone aménagée de l'Office du Niger connaît une forte croissance agricole caractérisée par : (i) l'augmentation des superficies cultivées qui sont passées d'environ 45 000 ha en 1990-1991 à 55 500 ha en 1999-2000 soit une progression de 23 % obtenue par la mise en valeur de l'ensemble des casiers, quelques extensions et hors casiers et le développement des cultures maraîchères ; (ii) un rendement moyen en riz qui a doublé sur la même période et donc ; (iii) une production en paddy qui a été multipliée par près de 2,5 pour dépasser les 325 000 tonnes. Les autres activités dérivées de la production agricole ou favorisées par la mise en eau permanente des falas (anciens marigots) ont également fortement progressé et cette zone est devenue un pôle d'attraction avec des densités de population qui sont aujourd'hui importantes et en croissance avec pour le Kala inférieur une densité de plus de 100 hab/km² en 1998.

Or durant cette période, les superficies aménagées n'ont presque pas augmenté. Cette stagnation a entraîné une forte pression foncière et le développement d'aménagements hors casiers générant de nombreux problèmes dans la gestion de l'eau, l'assainissement et l'accessibilité.

La dynamique actuelle est donc caractérisée par une intensification de la production accompagnée d'une forte pression foncière. Avec des investissements rentables dans les aménagements hydro-agricoles (Baris *et al.*, 1996) et un riz malien compétitif (Barry *et al.*, 1998), cette zone constitue, pour le Mali, un potentiel important de développement. L'objectif est une augmentation rapide des superficies aménagées. La contrainte majeure reste les besoins en financement, mais la ressource en eau pourrait également devenir à moyen terme une limite à cette croissance.

Le système hydraulique de l'Office du Niger

Aménagements et infrastructures

Le système est constitué d'un réseau hiérarchisé et d'ouvrages qui permettent la distribution de l'eau sur l'ensemble du domaine aménagé à partir du barrage (figure 1), le drainage de l'eau et la circulation des hommes et véhicules par un réseau dense de pistes.

Les principaux éléments qui constituent l'aménagement hydro-agricole de l'Office du Niger sont :

- le pont-barrage de Markala (appelé barrage de Sansanding) qui relève le plan d'eau de 5,50 mètres au dessus du niveau de l'étiage et permet ainsi de dériver les eaux du fleuve vers les périmètres aménagés en rive gauche ;
- le canal adducteur qui amène l'eau sur 9 km jusqu'en tête des trois grands canaux que sont le canal du Sahel, le canal du Macina et le canal Costes Ongoïba.

Avec un débit d'équipement de 2,4 l/s/ha correspondant à la norme utilisée pour la planification des aménagements à l'Office du Niger, les superficies irrigables à partir du canal adducteur sont de l'ordre de 83 000 ha. Pour les trois grands réseaux (Sahel, Macina et Costes-Ongoïba), les superficies

irrigables sont seulement de l'ordre de 60 000 ha. Ainsi, la capacité du réseau de grands adducteurs en l'état actuel apparaît comme une des contraintes à lever pour une extension importante des superficies irrigables.

Les canaux distributeurs (réseau primaire) prennent leur source sur le réseau hydraulique des grands adducteurs par un ouvrage de prise. Ils sont de longueur variable (de 15 à 30 km) et desservent des surfaces de l'ordre de 3 000 à 9 000 ha appelées casiers qui constituent des unités hydrauliques indépendantes. Deux ou trois distributeurs desservent une zone de production (ou zone) qui constitue une entité technique et administrative pour le fonctionnement de l'Office du Niger.

Les partiteurs (réseau secondaire) partent des distributeurs par un ouvrage de prise. Leur longueur varie entre 1 et 8 km. Ils desservent des superficies comprises entre 200 et 600 ha qui correspondent, le plus souvent à la superficie attribuée aux exploitants agricoles d'un village.

Le réseau tertiaire (ou arroseur) prend source sur les canaux partiteurs grâce à un ouvrage de prise. Chaque arroseur dessert une superficie de 15 à 40 ha et a une longueur de l'ordre de 1 km. Dans les aménagements réhabilités, le réseau tertiaire est complété par des rigoles (appelé quaternaire). Enfin, les exploitants pour maîtriser la lame d'eau divisent par des diguettes leurs parcelles en « bassins » de 0,25 ha en moyenne. Un arroseur de taille moyenne (20 ha) destiné à la production rizicole, regroupe 2 à 10 chefs d'exploitation agricole. Au réseau d'irrigation correspond un réseau de drainage (drain de partiteur, drain de distributeur et drain d'arroseur). Enfin, il existe un réseau de pistes parallèles au réseau d'adduction et au réseau de drainage.

La gestion du réseau repose sur un système de transmission des informations par téléphone et par message radio.

La ressource en eau et les prélèvements

La ressource en eau dans le fleuve Niger est importante avec 45 milliards de m³ par an à Ségou (Olivry, 1995) mais irrégulière. Le Niger a connu une modification de son régime hydraulique en relation avec l'aggravation du déficit pluviométrique, observé dans toute l'Afrique de l'Ouest. La tendance à la baisse continue de la pluviométrie a entraîné une baisse des écoulements avec un effet amplificateur important expliqué par l'affaissement des nappes consécutif à une longue séquence d'années sèches. Le débit moyen du Niger est passé de 1 800 m³/s pour la décennie 1951-1960 à 795 m³/s pour la décennie 1981-1990 (Briquet *et al.*, 1996).

Pour la dernière décennie, il y a une légère progression du débit moyen annuel puisque pour la période 1991-1999, celui-ci est de 1 047 m³/s (Hassane *et al.*, 2000). Cependant la tendance sur la dernière moitié de siècle est bien une diminution forte de la ressource en eau.

Le débit naturel du fleuve à Koulikoro en amont du barrage est très faible à l'étiage. En année décennale sèche, le débit naturel moyen n'est que de 29 m³/s en mars, 16 m³/s en avril et 34 m³/s en mai (tableau I).

La gestion du barrage de Sélingué (en amont de Koulikoro) permet un soutien important des débits à l'étiage avec des apports mensuels moyens (sur la période 1992-1996) de 60 à 100 m³/s de mars à juin. Ainsi le débit disponible à Markala durant la période d'étiage est supérieur à 80 m³/s en moyenne.

Les prélèvements moyens de l'Office du Niger sur le débit à Markala (de période de retour de un an sur deux) pour la période 1982 à 1997 varient entre 3 % à la période de crue à 74 % au mois de mars. En année décennale sèche, ces prélèvements moyens représentent 4 % du débit du mois de septembre mais la totalité des débits pour les mois de février, mars et mai.

L'analyse met en évidence les limites de la ressource en étiage qui correspond à la période de culture de contre-saison et au démarrage des travaux agricoles de la saison hivernale et donc l'importance des apports d'eau du barrage de Sélingué qui viennent largement soutenir les débits d'étiage. La situation de l'étiage 1999, a clairement démontré la nécessité d'une gestion concertée. En effet, une gestion inhabituelle du barrage de Sélingué donnant la priorité à la satisfaction des besoins en électricité s'est traduite par l'épuisement de la réserve d'eau dès la fin mai 1999 provoquant une pénurie au barrage de Markala fin mai et durant le mois de juin, période correspondant au début des irrigations pour le riz d'hivernage (Hassane *et al.*, 2000).

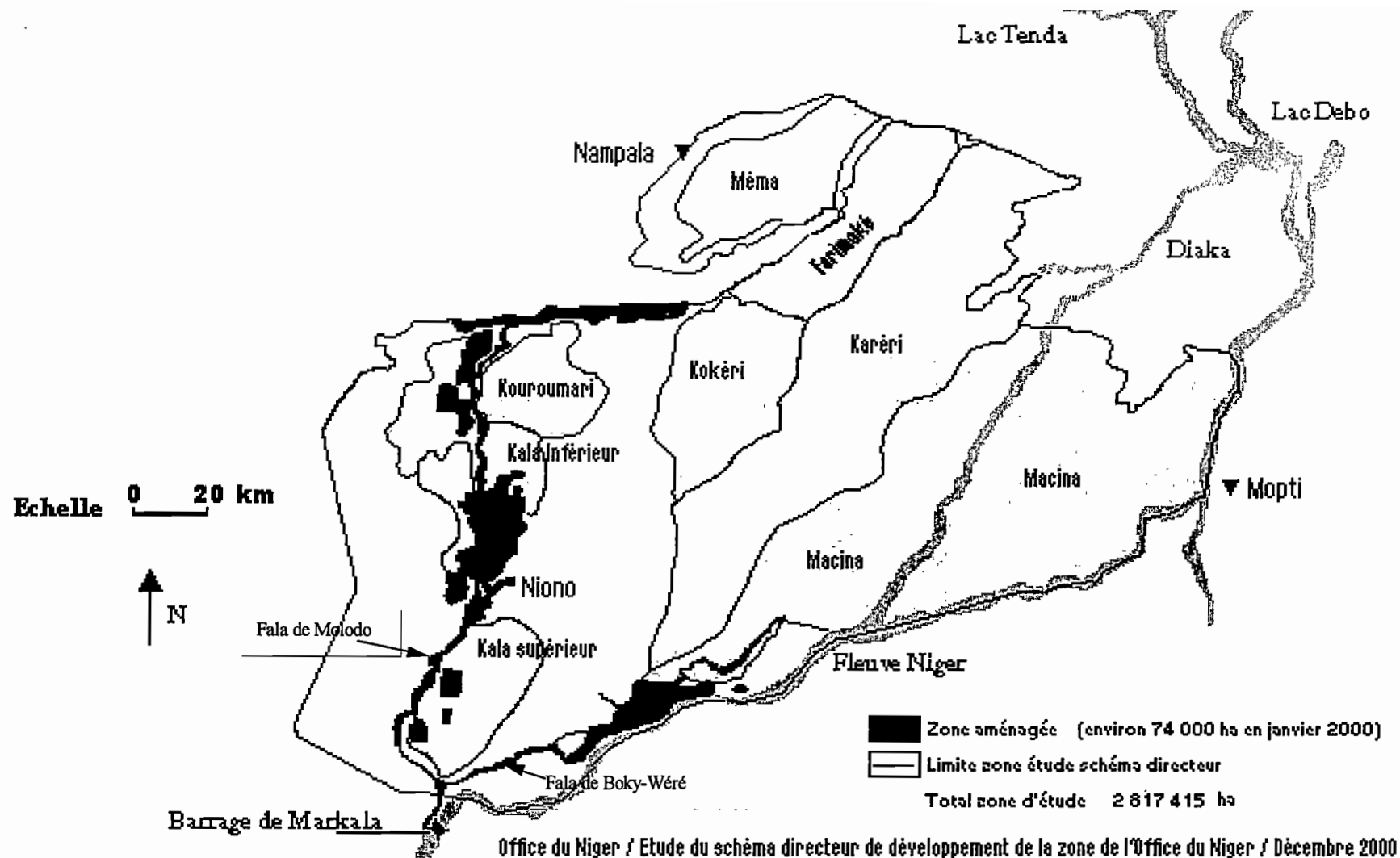


Figure 1. La zone de l'Office du Niger avec ses huit systèmes hydrauliques .

Tableau I. Débits naturels à Koulikoro (en m³/s) reconstitués pour des périodes de retour de 2 ans, 5 ans et 10 ans (période de base 1957 – 1996) source (Sogreah/Bceom/Betico, 1999) .

Période de retour	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2 ans	230	127	64	44	74	204	792	2 525	4 373	3 299	1 475	570
5 ans	147	77	37	24	43	122	537	2 055	3 518	2 465	981	374
10 ans	131	62	29	16	34	104	468	1 923	3 210	2 303	859	319

Par ailleurs, cette analyse ne prend pas en compte les besoins en eau en aval du barrage de Markala. Il n'existe aujourd'hui aucune clé de répartition précise pour l'utilisation des eaux. Cette question ne peut être traitée qu'à un niveau national et international. Vis-à-vis de la ressource, une gestion concertée apparaît aujourd'hui indispensable ; la création d'une agence de bassin au Mali s'inscrit dans cette perspective.

Caractérisation de la demande et niveaux de consommation

La demande est avant tout une demande agricole pour la production de riz durant la saison des pluies, mais aussi pour les productions de saison sèche froide (cultures maraîchères) et de la saison sèche chaude (culture de riz). La réhabilitation et le nouveau mode de gestion ont permis une nette amélioration des consommations en eau à la parcelle. Les résultats observés durant la période 1987 à 1991 avec la réhabilitation du casier Retail le montrent : la consommation en saison des pluies a baissé de près de 35 % passant de près de 20 800 m³/ha à 13 600 m³/ha (Konaté, 1990).

Les réhabilitations se sont traduites par l'introduction et la généralisation, sur près de la moitié de la superficie actuellement aménagée, d'équipements hydro-mécaniques plus performants permettant de mesurer les débits et de planifier les consommations. Le planage et le découpage en bassins de 0,1 à 0,5 ha ont également permis une meilleure maîtrise de la lame d'eau au niveau de la parcelle. Enfin, cette meilleure maîtrise de la gestion de l'eau à tous les niveaux du réseau a été accompagnée par une meilleure maîtrise technique de la part des usagers et un encadrement plus efficace de ces derniers (Ouvry et al., 1998).

L'Institut d'économie rurale (Ier) dans le cadre du projet Pôle systèmes irrigués (Psi) a évalué les consommations en eau à l'Office du Niger en 1998-1999 (Ouvry et al., 1999). Les travaux montrent que *« les pertes sont considérables dans le réseau adducteur pendant la saison rizicole, elles s'élèveraient à environ 25 m³/s en moyenne. Elles seraient dues aux pertes par évaporation, par infiltration et fuite par brèche dans les falas, mais aussi aux volumes déversés [...] en aval des zones aménagées »*. Les consommations au niveau des réseaux secondaire et tertiaire ne sont pas excessives par rapport aux objectifs techniques fixés : *« en 1998 sur le Retail, la consommation moyenne des arroseurs suivis s'élève à 13 500 m³/ha, ... pour le casier Kouia à 9 940 m³/ha et ... 12 000 m³/ha selon les distributeurs »*.

Les volumes évacués par vidange des parcelles ont été estimés à près de 3 000 m³/ha (y compris les pré-irrigations). Les volumes drainés au niveau du grand collecteur Niono-Grüber ont été évalués à 6 870 m³/s. Ces volumes sont importants. Une meilleure maîtrise de l'eau permettrait de réduire les pertes. Cependant, il semble que les importantes sorties d'eau du système permettent de lessiver les sols des périmètres et de limiter les effets de dégradation des sols par accumulation de sels (Ouvry et al., 1999).

Les fortes pertes sur le système ont plusieurs origines énoncées ci-dessus. Il faut également préciser que seule une partie des réseaux secondaires et tertiaires a fait l'objet de réhabilitation. Le réseau primaire n'a pas fait l'objet de gros travaux en dehors des réhabilitations du barrage et des principaux ouvrages. L'Office du Niger assure l'alimentation en eau pour des périmètres réalisés hors casiers ce qui génère des contraintes fortes au niveau de la gestion de l'eau. Ce sont en effet des aménagements où la maîtrise de l'eau est imparfaite, situés pour quelques-uns sur des parties où les sols sont moins bons, alimentés quelques fois par l'eau des drains, peu ou mal intégrés dans le schéma général de distribution de l'eau ; autant de facteurs qui génèrent des consommations importantes et qui provoquent des difficultés de gestion. Ils nécessitent une gestion élevée des plans d'eau pouvant conduire à des brèches sur le gros réseau et la non-maîtrise par l'Office du Niger des ouvertures et fermetures des prises en hors casiers entraîne des fluctuations souvent brutales au niveau du plan d'eau dans le gros réseau. Tous ces éléments concourent à une forte consommation.

La demande n'est cependant pas uniquement agricole, elle est diversifiée. La remise en eau des falas a permis le développement de la faune et de la flore avec l'accroissement des ressources ligneuses, l'apparition de nouvelles espèces, le développement de la pêche, etc. Aujourd'hui, ce nouvel écosystème permet à une population nombreuse d'exercer de multiples activités productives autres que l'agriculture irriguée : pêche (la population des pêcheurs est estimée à 7 500 personnes), pisciculture, élevage, exploitation des ressources ligneuses, transport par pirogue, etc. (Ministère du développement rural et de l'eau et Ministère de l'environnement, 1999). L'eau est également utilisée pour les activités domestiques des nombreuses populations rurales et urbaines installées le long des falas et des canaux dans la zone aménagée mais aussi dans ses environs. Ainsi, le maintien d'un niveau d'eau minimum toute l'année dans le troisième bief après le déversoir, (qui indique la fin du système hydraulique actuel de l'Office du Niger) est guidé par des préoccupations sociales vis-à-vis des populations rurales de la zone.

Le service de l'eau à l'Office du Niger

Le service de l'eau a profondément évolué ces quinze dernières années à l'Office du Niger avec comme éléments majeurs : la mise en place d'un véritable service de gestion de l'eau, la responsabilisation et la participation des producteurs notamment avec la mise en place de comités paritaires de gestion, et l'individualisation du paiement de la redevance. Toutes ces réformes organisationnelles ont permis d'obtenir des résultats probants, mais qui doivent être prolongés pour faire face au défi de l'extension du domaine aménagé.

Le service gestion de l'eau à l'Office du Niger

Répartition des responsabilités de gestion selon le réseau entre l'Etat, l'Office du Niger et les exploitants

Les infrastructures hydrauliques existantes peuvent être classées en trois grands types selon la responsabilité de la gestion de l'eau et de la maintenance : le réseau primaire composé des infrastructures de base (barrage, adducteur, etc.), le réseau secondaire avec les canaux et drains principaux (distributeurs et partiteurs) enfin le réseau tertiaire constitué des arroseurs, drains d'arroseurs et des rigoles (tableau II).

L'Office du Niger gère pour le compte de l'Etat, qui en assure le financement, le barrage et ses ouvrages annexes (canal de navigation, écluse de Thio), le canal adducteur, les canaux primaires (le canal du Sahel et le fala de Molodo, le canal du Macina et le fala de Boky Wèrè, les ouvrages régulateurs des points A, B et C, la partie des drains principaux situés hors des limites des zones aménagées).

L'Office du Niger gère pour son propre compte les réseaux secondaires. Il assume la responsabilité financière des travaux d'entretien et de la gestion de l'eau qu'il finance avec les produits des redevances perçues auprès des exploitants. Les réseaux tertiaires sont à la charge des exploitants qui les entretiennent sous la supervision de l'Office du Niger.

Tableau II. Répartition des responsabilités de gestion selon le type de réseau.

Réseau	Gestion de l'eau	Entretien-maintenance	
		Exécution	Financement
Primaire (barrage et grands adducteurs et collecteurs)	ON	ON	Etat/Exploitants*
Secondaire (distributeurs, partiteurs, drains correspondants)	ON	ON avec assistance des Cpgfe **	Exploitants*
Tertiaire (arroseurs et drains correspondants)	ON-Exploitants	Exploitants	Exploitants
Parcelles	Exploitants	Exploitants	Exploitants

* A travers la redevance hydraulique. ** Cpgfe : Comité paritaire de gestion des fonds d'entretien.

Enfin l'Office du Niger exécute ou fait exécuter à la charge de Sukala-SA, l'entretien du système Costes-Ongoïba. La gestion de l'eau et l'entretien du canal Costes-Ongoïba sont l'objet d'une convention entre l'Office du Niger et cette société.

Il y a donc une répartition des responsabilités de gestion avec une forte implication des exploitants pour l'ensemble du service au niveau tertiaire, pour la maintenance au niveau du secondaire et pour une partie du financement de la maintenance sur le primaire.

Le dispositif de l'Office du Niger

L'Office du Niger a engagé la réhabilitation physique des périmètres au début des années 80. Il a également profondément modifié son organisation et son dispositif en créant un Service gestion de l'eau et en recrutant du personnel spécialisé dans ce domaine (Keita *et al.*, 1999).

Aujourd'hui, dans chaque zone, les services gestion de l'eau ont été dotés : (i) de personnels pour la gestion de l'eau en fonction de la configuration du réseau (chefs de casiers, aiguadiers, éclusiers et surveillants de réseaux, la superficie moyenne gérée par ce personnel est de 3 500 ha, 900 ha et 4 300 ha respectivement) ; (ii) d'une unité d'entretien équipée de matériel et ayant la possibilité de recourir à la main d'œuvre pour la réalisation des travaux d'entretien courant et des travaux urgents (brèches). Les travaux d'entretien périodiques sont réalisés après appel d'offres par des entreprises de la place. Les travaux de faucardage sont réalisés par les nombreuses petites entreprises généralement très faiblement équipées et très peu organisées qui se sont créées après la restructuration de l'Office du Niger.

Avec ce personnel spécialisé et de nouveaux équipements de contrôle de l'eau, l'Office du Niger met progressivement en place une gestion de l'eau plus efficace, fondée sur la satisfaction de la demande en impliquant les usagers avec la création de comités paritaires et la mise en place de chefs d'arroseurs.

L'organisation mise en place pour la participation des usagers

Les relations de concertation entre l'Office du Niger et les exploitants agricoles sont organisées à travers trois types de comités : le Comité paritaire de gestion des terres (Cpgt), le Comité paritaire de gestion des fonds d'entretien du réseau hydraulique secondaire (Cpgfe) et le comité paritaire de partiteur, ainsi que d'une représentation des exploitants avec un délégué général et deux délégués généraux adjoints élus qui participent aux principaux organes de gestion et de contrôle de l'Office du Niger. La mise en place des comités traduit la volonté d'un partage des responsabilités de gestion entre l'Office du Niger et les exploitants agricoles.

Il existe un comité paritaire de gestion des fonds d'entretien du réseau hydraulique secondaire par zone, composé à parité d'agents de l'Office du Niger et des représentants des paysans. Ces derniers sont élus pour 5 ans par l'assemblée des paysans membres des comités de partiteur, qui se réunit par casier. Les élus doivent être alphabétisés et accepter de suivre une formation appropriée leur permettant d'exercer leur mission. Les représentants des usagers perçoivent une indemnité de 5 000 F Cfa par réunion effective.

Le travail de ce comité est d'élaborer le projet de programme annuel d'entretien du réseau hydraulique secondaire avec un budget. Une fois que ce programme est accepté et avalisé par le conseil d'administration de l'Office du Niger, le comité a la charge de le faire exécuter et de réceptionner les travaux. Il doit se prononcer sur les demandes de réduction ou d'exonération de redevance hydraulique pour diverses raisons liées à la gestion de l'eau, formulées par les exploitants auprès de l'Office du Niger. Il doit également, suivre l'exécution de l'entretien par les usagers du réseau tertiaire et participer aux discussions de fixation de la redevance.

Pour chaque casier, la gestion de l'irrigation est organisée à travers le comité paritaire de partiteur avec le chef de casier (personnel de l'Office du Niger), l'aiguadier (personnel de l'Office du Niger) et de 2 à 6 chefs d'arroseurs (usagers). Sur l'arroseur, il y a une concertation permanente entre le chef d'arroseur (un exploitant) et l'aiguadier (personnel de l'Office du Niger). Enfin, à la parcelle, la gestion de l'irrigation est effectuée sous la responsabilité individuelle du paysan avec un appui de l'aiguadier et du conseiller agricole de l'Office du Niger.

Cette organisation doit assurer un échange permanent entre l'utilisateur et l'Office du Niger pourvoyeur du service de l'eau. Cependant, la mise en pratique de cette organisation reste encore à améliorer ; c'est un des engagements du contrat-plan de 1999-2001 pour l'Office du Niger.

Une gestion de l'eau par la demande

L'amélioration de la gestion de l'eau repose sur le principe de la concertation entre des acteurs qui se professionnalisent (exploitants, représentants des usagers, personnels de l'Office) et vise la diminution progressive de la consommation en eau. Dans le contrat-plan 1998-2001, cette consommation calculée à la prise du partiteur devrait passer en dessous de 15 000 m³ par hectare de riz cultivé en hivernage.

Actuellement, le tour d'eau est retenu seulement au niveau de l'arroseur. Le réseau secondaire (partiteur et distributeur) est conçu pour fonctionner avec un plan d'eau normal (respect de certaines normes). C'est le chef du Service exploitation du réseau primaire (Serp) basé à Markala qui rassemble toutes les informations en provenance des zones et qui décide de l'ouverture ou de la fermeture des ouvrages au point A, et donc des débits à transiter vers les zones. Pour prendre ses décisions, il dispose quotidiennement des plans d'eau relevés sur les ouvrages clés du réseau, les superficies sous irrigation dans les zones avec les stades végétatifs, et enfin de la pluviométrie qu'il utilise dans un modèle mis au point en 1996-1997 (Hamel, 1998).

L'organisation de la gestion de l'eau à l'Office du Niger est caractérisée par un planning des irrigations à fréquence hebdomadaire. Les principes directeurs sont les suivants (Sogreah-Bceom-Betico, 2000).

L'aiguadier gère la prise partiteur en fonction des besoins théoriques hebdomadaires, qui lui sont fournis par les exploitants, et les plans d'eau à l'aval. Les besoins théoriques sont déterminés à l'aide des informations fournies par les exploitants et leurs représentants (essentiellement la superficie irriguée par arroseur). Si les besoins réels dépassent les besoins théoriques, les causes peuvent être identifiées (information mal fondée, mauvaise gestion ou entretien sur quelques arroseurs).

Le programme d'irrigation est élaboré par l'aiguadier et les exploitants. D'une semaine à l'autre, il peut varier entre un service permanent avec un débit constant (jour et nuit) et un service de courte durée (par jour) avec des débits variables.

Les prises arroseurs sont explicitement gérées par les exploitants ou leur représentant (le chef arroseur). La durée et le débit des irrigations sont variables et maîtrisés par les exploitants de l'arroseur. La mission du chef arroseur devient explicite : communication avec l'aiguadier et les exploitants, surveillance des irrigations et organisation des exploitants pour des tâches communes.

Le système impose le maintien du plan d'eau en cas de fermeture de la prise du partiteur (donc régulateurs et prises arroseurs en déversoir). La prise du partiteur est de préférence équipée d'un module à masque. Pourtant, une vanne plate avec des échelles à l'amont et à l'aval permet également de déterminer le débit à travers l'ouvrage (à l'aide d'abaques).

Comme l'indiquent les résultats des suivis des consommations en eau de l'Ier-Psi présentés précédemment, les consommations en eau sur la plupart des aménagements réhabilités sont inférieures aux objectifs assignés dans le contrat-plan en cours. L'Office du Niger doit donc poursuivre les opérations de réaménagement pour atteindre des consommations de l'ordre de 13 500 m³/ha sur l'ensemble des superficies cultivées.

Il reste le problème des hors casiers qui ne peut trouver de solution que dans la mise aux normes des superficies concernées par leur aménagement progressif. En effet, l'infrastructure des plus sommaires se réduit souvent à une prise et quelques canaux de distribution et ne permet pas une maîtrise totale. Les exploitants attendent la pluie pour le labour et le semis. Si les travaux préparatoires sont achevés, ils procèdent à la submersion des parcelles. Cette procédure fait appel à un débit de pointe très élevé (5 l/s/ha) pour une période limitée de 3 à 4 semaines. Ces débits très élevés réduisent la superficie totale que peut desservir le réseau adducteur de l'Office du Niger.

Mais le système de gestion de l'eau n'est pas indemne de critique. Pour l'expert chargé de la partie aménagement dans l'étude du schéma directeur de développement, l'analyse de l'organisation de la gestion de l'eau souligne les insuffisances suivantes (Sogreah-Bceom-Betico, 2000) :

- les aiguadiers sont surchargés avec des domaines d'intervention parfois supérieurs à 1 000 ha alors que selon les normes couramment admises une bonne maîtrise de l'eau nécessite une superficie de 400 à 500 ha ;
- la mauvaise planification des irrigations due à un déficit de communication entre les aiguadiers et exploitants ;
- l'insuffisance d'entretien du réseau tertiaire (à la charge des exploitants).

Suite à leurs travaux dans le cadre du Pôle système irrigué (Psi) et à leurs analyses de la distribution, du fonctionnement du drainage et du bilan en eau et en sels, les chercheurs de l'Ier-Cirad (Ouvry *et al.*, 1999) concluent que les insuffisances du système actuel d'information à l'Office du Niger ne permettent pas de bien évaluer les performances de la gestion de l'eau aussi bien sur le plan de la régulation que de la consommation. Les auteurs recensent également les difficultés rencontrées par les agents de terrain (les aiguadiers en relation avec les chefs arroseurs) pour la mise en œuvre de la méthode de « suivi et de programmation hebdomadaire de l'irrigation à l'échelle du partiteur » (dite méthode A/B) qui font que cette méthode n'est que très partiellement appliquée. Enfin, ils rappellent qu'une « *bonne gestion de l'eau résulte d'une définition claire du rôle des différents acteurs et des règles de gestion* » en ayant noté des insuffisances notamment en ce qui concerne le rôle et le statut du chef d'arroseur.

Maintenance et entretien du réseau : une gestion paritaire du réseau secondaire

La maintenance du réseau hydraulique suit, chaque année, un processus classique en quatre phases : élaboration du programme annuel d'entretien, exécution du programme, contrôle des travaux et archivage de l'information. Les producteurs sont associés à tout le processus d'identification du programme, de suivi de l'exécution et de la réception des travaux.

Les travaux à exécuter sont identifiés annuellement à travers les besoins répertoriés par les responsables des différentes unités hydrauliques : les producteurs usagers à travers les membres des comités paritaires de partiteurs composés de l'ensemble des chefs d'arroseur, les aiguadiers, les chefs de casiers, et les responsables du Sge de chaque zone. Ce processus de concertation et de recensement des besoins se termine avec l'élaboration d'une proposition par le comité paritaire de gestion des fonds d'entretien (Cpgfe) de chaque zone après avoir fait des choix en fonction des budgets disponibles qui sont eux-mêmes fonction du montant total de la redevance. L'arbitrage final relève de la direction générale de l'Office du Niger.

Après validation, et éventuellement modification, par la direction générale de l'Office du Niger, ce programme est mis en œuvre au niveau de la zone avec la participation effective du Cpgfe à toutes les étapes : dépouillement des appels d'offres, suivi de l'exécution des travaux et réception des travaux.

La mise en place de ces comités (5 pour l'ensemble de l'Office du Niger) et le travail déjà réalisé constituent des acquis importants. En 1998/99, le montant global des travaux réalisés sur le réseau secondaire à l'Office du Niger a été de 1 019 milliards de F Cfa entièrement financés par la redevance hydraulique payée par les Exploitants. Ce qui représente en moyenne, par comité, 200 millions de F Cfa de travaux à programmer, à suivre et à réceptionner.

Cependant, le fonctionnement de ce comité reste encore à améliorer. Les outils actuels disponibles doivent être améliorés pour permettre à la fois une meilleure programmation des travaux d'entretien (aide à la décision) et un meilleur suivi de leur réalisation. Par comité, le programme d'entretien annuel porte sur les infrastructures et les ouvrages qui irriguent environ 10 000 ha, ce qui représente en moyenne 190 km de canaux ou de drains composant le réseau secondaire. Dans certains cas, les aménagements ont été réalisés à des périodes différentes, avec des types d'ouvrages et des caractéristiques qui peuvent différer. Tout cela rend complexe et difficile la programmation des entretiens, notamment quand, comme cela arrive souvent, il faut faire des choix car le montant global disponible ne permet pas de réaliser l'ensemble des travaux identifiés.

Les outils actuellement disponibles à l'Office du Niger et mis à la disposition des comités sont assez rudimentaires et constitués de bilans établis à partir de fiches sur papier (une fiche par ouvrage ou bief intitulée « fiche vie »). C'est pourquoi l'Office du Niger en collaboration avec le Cirad met au point de

nouveaux outils informatiques couplant des bases de données et un système d'information géographique qui permettront de disposer des données nécessaires : inventaire complet des éléments constituant le réseau avec pour chacun les critères de maintenance (critères proposés dans un premier temps, puis observés par la suite) ; détail des travaux déjà réalisés sur plusieurs années par unité élémentaire avec les prix unitaires et les entreprises qui les ont réalisés ; carte détaillée du réseau en liaison avec l'inventaire et les travaux déjà réalisés.

Ces données permettront de faciliter et d'améliorer la programmation, y compris budgétaire, de produire des éléments d'aide à la décision (sous forme facilement utilisable avec notamment des cartes détaillées ou de synthèse), de faciliter et d'améliorer l'évaluation. L'installation d'une partie de ce logiciel est en cours.

Redevance hydraulique : une gestion individualisée

Comme l'indiquent les textes « les exploitants des terres de l'Office du Niger sont soumis au paiement de redevances annuelles : pour la fourniture d'eau en ce qui concerne les exploitants des régimes de contrat annuel, de Permis d'exploitation agricole (Pea) et de Pea provisoire ; pour la fourniture de l'eau et pour l'occupation des terres pour les exploitants des régimes du bail ordinaire et du bail emphytéotique ». Pour le bail emphytéotique, le montant de la redevance annuelle est fixé par décret pris en conseil des ministres, alors que pour le bail ordinaire, il est fixé par arrêté du ministre de tutelle de l'Office du Niger.

Pendant de nombreuses années, la redevance héritée de la période coloniale a été maintenue : 400 kg de paddy par hectare pour les superficies en casier. Il n'y avait pas de décomposition connue de ce montant perçu par l'Office du Niger qui en disposait à sa guise.

A partir des années 90, des études ont été engagées sur la tarification de l'eau qui ont permis de clarifier la notion de redevance, de proposer des tarifs sur la base des coûts d'entretien et des modalités de gestion.

Le montant de la redevance est fixé en fonction des coûts estimés nécessaires pour l'entretien des réseaux et le service de l'eau de l'Office du Niger de manière concertée dans le cadre de l'élaboration du contrat-plan et le plus souvent sur la base de deux propositions : une émanant de l'Office du Niger et l'autre d'une étude indépendante. Les montants recouverts sont effectivement utilisés pour assurer le service de l'eau avec une partie pour l'entretien du secondaire et du primaire (plus de 50 % depuis 1998-1999) et l'autre partie pour prendre en charge les frais de fonctionnement de l'Office du Niger pour ce service.

Les montants et leurs évolutions sont fixés dans le contrat-plan (durée de 3 ans) co-signé par l'Etat, l'Office du Niger et les exploitants, mais ils doivent être discutés tous les ans. Les tarifs appliqués en 2000 sont compris entre 43 000 F Cfa/ha et 62 000 F Cfa /ha selon la « qualité » de l'aménagement pour une culture de riz ou de maraîchage en saison. Le montant de la redevance pour une deuxième culture annuelle est de 10 % de la culture de saison (sur les parcelles de double culture riz prévues à cet effet et aussi sur les parcelles prévues pour le maraîchage).

Le montant de la redevance hydraulique a nettement augmenté passant de 32 000 F Cfa /ha en 1994 à 62 000 F Cfa /ha en 2000 pour des terres sur casier réaménagé. Cependant, ce montant ne correspond selon le prix de vente du riz qu'à 500 à 600 kg de paddy par ha soit de l'ordre de 10 % de la production.

La gestion de la redevance est individualisée, c'est-à-dire que les factures sont adressées à chacun des exploitants en fonction de la superficie attribuée et de la classe de tarification. Chaque exploitant est responsable individuellement pour le paiement des sommes facturées. Le non-paiement de la redevance est une cause d'éviction par l'Office du Niger quel que soit le statut de la terre.

La gestion des terres avec la possibilité d'évincer celui qui ne paye pas la redevance constitue le meilleur moyen dont dispose l'Office du Niger pour assurer le bon fonctionnement de l'ensemble du domaine aménagé. En moyenne sur ces 10 dernières années, environ 1 000 ha par an font l'objet d'éviction qui sont concentrées dans la zone du Macina où la pression foncière est moins forte. On notera cependant que ceci n'est pas une condition suffisante puisque par le passé, alors que cette possibilité d'éviction existait et était mise en pratique, les taux de recouvrement de la redevance à certaines périodes ont été

très bas. Le bon niveau d'intensification obtenu et la rentabilité de la production agricole irriguée constituent bien évidemment l'autre condition nécessaire pour un bon recouvrement de la redevance.

Le taux moyen de recouvrement de la redevance est pour ces cinq dernières années de 96 %. Le montant total recouvré est passé de 1,2 milliard de F Cfa par an en 1994/95 à 2,85 milliards de F Cfa en 1999-2000. La redevance qui constituait un peu moins de 50 % des ressources de l'Office du Niger représente aujourd'hui près de 80 % de ses ressources.

Cette gestion individualisée de la redevance est associée à la gestion des terres. Les décisions prises dans ce domaine le sont en concertation avec les représentants des producteurs au sein du comité paritaire de gestion des terres (Cpgt). Il existe également une procédure pour obtenir le dégrèvement en cas de mauvaise récolte liée à des problèmes de maîtrise de l'eau. En moyenne sur ces dix dernières années, ce sont un peu plus de 500 ha par an qui font l'objet d'un dégrèvement (soit environ 1 % de la superficie totale et donc de la redevance totale), dont plus de la moitié est localisée dans la zone du Macina.

Intérêts, limites et perspectives

Les évolutions dans l'organisation de la gestion du service de l'eau à l'Office du Niger ont été un des éléments qui ont permis l'intensification et la croissance agricoles enregistrées au cours de cette dernière décennie. Aujourd'hui, il existe de réels acquis sur le plan technique avec un réseau en grande partie réhabilité et des performances en augmentation avec la réduction progressive des consommations en eau au niveau du partiteur, et sur le plan organisationnel avec la participation progressive des producteurs usagers de l'eau aux processus de gestion et décision en ce qui concerne l'eau et les terres. Cependant ces acquis ne doivent pas cacher les évolutions à venir pour que l'Office du Niger puisse atteindre les objectifs que sont une augmentation significative du domaine aménagé pour poursuivre l'indispensable croissance agricole dont le pays a besoin.

Des acquis importants à consolider

Un des principaux acquis reste la mise en place d'une gestion paritaire avec les exploitants qui devrait se renforcer et mieux s'organiser dans les années à venir.

L'implication des clients (usagers) dans la gestion de la maintenance du réseau secondaire

L'implication des clients (usagers) dans la gestion de la maintenance du réseau secondaire a permis d'obtenir des résultats probants. La participation des exploitants dans la gestion de la maintenance du réseau secondaire s'opère par une concertation au niveau des comités paritaires de partiteur par casier et du Comité paritaire de gestion des fonds d'entretien (Cpgfe) au niveau de la zone pour la définition des programmes annuels, puis pour le dépouillement des offres et le suivi et la réception des travaux.

Les résultats obtenus avec la mise en place des Cpgfe ont été importants. Cependant l'efficacité de cette participation doit s'améliorer en poursuivant la mise en place des comités paritaires de partiteurs et en assurant la formation des représentants des producteurs, en adaptant les règlements intérieurs et les cahiers des charges pour répondre aux besoins et en mettant au point de nouveaux outils de gestion.

Une diminution des coûts de gestion

La délégation de la maintenance tertiaire et de la distribution de l'eau aux usagers organisés au niveau de l'arroseur permet une diminution des coûts de gestion. La maintenance du réseau et la gestion de l'eau au niveau du tertiaire et du quaternaire sont sous la responsabilité des exploitants organisés au sein d'un arroseur puis du partiteur avec le comité paritaire de partiteur. Les relations avec l'Office du Niger se font entre les chefs d'arroseurs qui sont des exploitants et l'aiguadier qui fait partie du personnel de l'Office du Niger.

Cette délégation permet d'alléger les frais de gestion. Elle pose cependant de nombreux problèmes car elle constitue une rupture du service de la gestion de l'eau et ce d'autant plus que les comités paritaires de partiteur ne sont pas encore suffisamment opérationnels. Les règles de gestion et les rôles des différents intervenants méritent certainement d'être précisés et largement communiqués à l'ensemble des usagers. En particulier, le rôle du chef d'arroseur qui est le lien entre l'Office du Niger et les exploitants mériterait d'être clarifié, comme son mode de nomination pour renforcer son autorité auprès des autres usagers de l'arroseur et de l'aiguadier. Selon le rôle qui lui est attribué, une éventuelle indemnisation par les autres usagers pourrait être étudiée. Enfin, il faut que chaque acteur puisse jouer son rôle ce qui implique la mise à disposition des outils nécessaires et la professionnalisation par des formations adéquates.

Individualisation de la redevance et attribution foncière

La redevance est payée individuellement par les exploitants de chaque zone sur la base de la facturation établie par les services techniques (Service de gestion de l'eau et le service conseil rural). Chaque exploitant effectue les paiements auprès de la caisse de la zone, et non comme auparavant auprès de l'association villageoise qui les reversait à l'Office du Niger.

Cette innovation organisationnelle qui a rendu les producteurs directement responsables vis-à-vis de l'Office du Niger a permis une nette amélioration du recouvrement de la redevance qui atteint aujourd'hui des taux de plus de 96 % en moyenne.

Cependant ce système est relativement lourd avec l'établissement et le suivi des factures pour plus de 20 000 attributaires à l'Office du Niger. La gestion de l'information devient de plus en plus complexe et demande à être modernisée par informatisation.

Limites : risques de rupture du service

Avec le système actuel et la répartition des responsabilités du service de l'eau entre l'Etat, l'Office du Niger et les exploitants et la limitation de la redevance à la maintenance du secondaire et à une partie du primaire, il existe une rupture dans la mise en œuvre de ce service au niveau de la prise de l'arroseur puisque à partir de ce point, ce sont les exploitants organisés qui en ont la responsabilité.

L'entretien du tertiaire est à la charge des producteurs, or ceux-ci le réalisent plus ou moins bien, avec pour certains arroseurs une dégradation progressive qui conduit à une baisse des performances en raison des difficultés d'irrigation et de drainage.

L'insuffisance d'entretien au niveau du réseau tertiaire a été constatée à plusieurs reprises. Une enquête effectuée en 1997 a montré que pour un échantillon représentatif de 755 arroseurs, il y avait des débordements sur 36 % d'entre eux. Le suivi de l'Office du Niger permet de constater qu'environ seulement 60 % des travaux nécessaires (évalués en valeur) sont réalisés en moyenne sur le réseau tertiaire.

Globalement, les opérations de faucardage sont régulièrement réalisées. En revanche, l'entretien périodique et les travaux d'ouvrages sont très nettement insuffisants pour les raisons suivantes (Koné et al., 1998) :

- les arroseurs en zones réhabilitées sont de dimensions trop importantes pour que les exploitants puissent les maintenir facilement dans leur état initial, par contre ceux des zones non réaménagées sont dans un état de dégradation tel que les entretiens ne suffisent plus ;
- les sanctions prévues en cas de négligence dans l'entretien ne sont jamais appliquées ;
- l'organisation des exploitants autour d'un même arroseur pour la réalisation des travaux est difficile en particulier quand il dessert plusieurs usagers ou quand certains exploitants sont non-résidents entraînant souvent des conflits ;
- les normes d'entretien ne sont pas définies aux exploitants.

Il y a donc bien une rupture du service qui représente un risque important de dégradation progressive des réseaux. Plusieurs mesures ont été envisagées et mises en œuvre pour tenter d'améliorer la situation. Parmi celles-ci, il faut mentionner la sensibilisation des exploitants et le développement des relations et échanges d'informations entre l'aiguadier et les exploitants avec la définition en commun d'un programme annuel d'entretien et le suivi de sa réalisation.

Certaines mesures sont envisagées comme l'instauration d'une redevance tertiaire qui serait gérée par les exploitants au sein des organisations villageoises ou plus certainement au sein des comités paritaires de partiteurs. L'implication de l'Office du Niger dans la gestion de ces fonds n'apparaît pas souhaitable en raison de la politique de responsabilisation des producteurs jusqu'ici développée.

L'amélioration de l'organisation des exploitants apparaît comme un élément clé pour diminuer ce risque de rupture du service en renforçant les prérogatives et les capacités des comités paritaires de partiteurs pour jouer un rôle de plus en plus important dans l'élaboration des programmes d'entretien du tertiaire, le suivi de l'exécution, la décision et l'application des sanctions et dans l'établissement et la perception d'une éventuelle redevance.

Perspectives

Les orientations en termes de développement de l'irrigation au Mali sont ambitieuses et l'Office du Niger occupe une place prépondérante dans la stratégie nationale mise en œuvre. L'extension des superficies aménagées est devenue une des priorités avec la poursuite de la réhabilitation des casiers. Pour définir les grandes orientations pour le développement de cette zone, l'Office du Niger s'est engagé dans l'élaboration d'un schéma directeur de développement.

L'extension des superficies à l'Office du Niger

L'insuffisance des terres aménagées constitue l'un des principaux freins à la poursuite de la croissance agricole enregistrée ces dernières années dans la zone de l'Office du Niger. Pour augmenter le domaine aménagé, les terres sont largement disponibles, les infrastructures hydrauliques de base existent et la ressource en eau ne constitue pas à court terme une contrainte forte. Les capacités d'investissement de l'Etat par contre limitent fortement le rythme des aménagements. C'est pourquoi de nouvelles stratégies sont mises en œuvre ou sont en cours d'expérimentation. La participation des bénéficiaires aux investissements d'aménagement est devenue systématique. L'expérience de l'Office du Niger dans ce domaine est importante. Elle va se prolonger avec l'opération-test réalisée dans le cadre du Programme national des infrastructures rurales (Pnir) avec notamment l'installation de privés, l'attribution de titres fonciers, la réalisation de périmètres en location vente et la mise en place d'un mécanisme de financement efficace et durable.

L'extension du domaine aménagé est donc bien engagée et va se traduire dans les prochaines années par une augmentation de la demande agricole et de la demande sociale en eau.

L'étude environnementale (Ministère du développement rural et de l'eau et Ministère de l'environnement, 1999) réalisée en 1998 avait pris comme hypothèse de travail une augmentation rapide du domaine aménagé de 30 000 ha (pour porter le domaine à 100 000 ha irrigables). L'exercice de prospective et de planification en cours que constitue Schéma directeur de développement permettra de mieux définir les objectifs et les moyens à mettre en œuvre.

Même si la ressource en eau ne constitue pas une contrainte à court terme, les perspectives de développement dans la zone sont liées à une amélioration de sa gestion au niveau du bassin versant et à l'intérieur de la zone de l'Office du Niger. En effet, les simulations faites dans le cadre de l'étude du schéma directeur de développement à partir des besoins des cultures montrent que dans les conditions les plus défavorables (année décennale sèche et riziculture avec un calendrier cultural restreint), les superficies irrigables sont limitées et la double culture de riz ne peut que rester marginale. Un simplement étalement des semis permet de porter la superficie cultivable en hivernage jusqu'à près de 110 000 ha. Enfin, une gestion du barrage de Sélingué plus adaptée aux besoins de l'Office du Niger permet de porter les superficies rizicultivées en hivernage à plus de 200 000 ha, sous réserve d'adapter les infrastructures primaires.

L'amélioration de la gestion de l'eau constitue donc un enjeu majeur pour les années à venir dans un souci d'une part, d'économie de la ressource, et d'autre part, d'amélioration de sa qualité pour les usages agricoles mais aussi pour la demande sociale, la santé des populations et la préservation de l'environnement.

Les évolutions institutionnelles en cours favorables à une plus grande implication des usagers

Depuis plus d'une décennie, l'une des tendances lourdes des politiques agricoles mises en œuvre est bien le désengagement de l'Etat et l'implication de plus en plus forte des producteurs dans la gestion des filières. Cette tendance est d'ailleurs beaucoup plus large avec la politique de décentralisation et la mise en place des communes qui caractérisent le Mali d'aujourd'hui. Les textes confèrent à ces dernières un rôle important en matière de gestion foncière avec l'élaboration de schémas d'aménagement du territoire et d'organisation des activités agricoles en collaboration avec les organisations professionnelles et les services techniques.

Le code de l'eau, encore en préparation, devrait aller dans le même sens. Il devrait prévoir, par exemple, la possibilité de constitution d'un domaine hydraulique des collectivités territoriales par transfert de celui de l'Etat ou la possibilité de constituer des associations d'usagers dotées de la personnalité civile, éventuellement déclarées d'utilité publique, auxquelles l'administration peut confier le service public de gestion de l'eau. Les orientations prises dans le cadre du Programme national des infrastructures rurales (Pnir) prévoient, en tant qu'opération-test, il est vrai, l'attribution de titres fonciers dans le cas des périmètres privés ou des périmètres en location-vente.

C'est dans ce contexte que se développe la gestion paritaire Office du Niger-exploitants mise en place ces dernières années. Les objectifs sont ceux qui ont été décrits plus haut : pérennité des infrastructures, gestion de plus en plus économe de la ressource, diminution des coûts par l'amélioration des performances, etc. Seule une responsabilisation accrue et de plus en plus efficace des usagers permettra de les atteindre.

Un des éléments clé de la gestion paritaire repose sur la représentation des exploitants. En mettant en place les différents comités paritaires et les délégués généraux, l'Office du Niger a posé les bases de cette représentation qu'il convient de poursuivre et d'améliorer.

L'Office du Niger passe progressivement d'une structuration des Exploitants basée sur les villages avec les associations villageoises ou « tons » villageois à une structuration des usagers avec la mise en place des comités paritaires et plus particulièrement des comités de partiteur.

Il reste cependant un long chemin à parcourir pour que ces comités deviennent la base de la représentation et le point de coordination majeur entre l'Office du Niger et les exploitants. Il convient de mieux définir le statut et les règlements intérieurs de ces comités, de préciser les rôles, de déterminer les moyens et les modes d'action. Il faudra également un temps d'apprentissage à l'ensemble des acteurs avec des moyens pour à la fois former et professionnaliser les responsables.

Enfin, l'organisation des exploitants en fonction du réseau n'est qu'un des éléments de la structuration du monde rural dans cette zone. Des cadres de concertation entre les différents acteurs de la zone, et en particulier par filière, doivent venir compléter ce dispositif, pour permettre aux différents types d'organisations socioprofessionnelles ou syndicales de jouer leur rôle.

Le besoin d'outils pour améliorer la gestion

L'Office du Niger doit se doter d'un système d'information plus performant sur les aspects gestion de l'eau, avec notamment une meilleure connaissance et une véritable analyse des consommations aux différents niveaux du réseau pour piloter plus efficacement la gestion, et sur les aspects maintenance et entretien pour mieux planifier et évaluer les travaux.

L'amélioration du système d'information doit également porter sur l'ensemble des activités de l'Office du Niger et en particulier sur la gestion foncière, l'établissement de la redevance et le suivi de la mise en valeur qui constituent des activités majeures de plus en plus complexes à gérer.

Enfin, cette amélioration doit concerner le suivi-évaluation de l'ensemble des filières agricoles concernées avec comme enjeux principaux une diffusion large d'informations fiables et représentatives (informations brutes ou traitées et analysées) à l'ensemble des acteurs et agents économiques et de leurs organisations. Comme l'Office du Niger doit fournir des informations fiables, détaillées et utiles aux comités paritaires pour que des décisions pertinentes puissent être prises, il doit également petit à petit, et en collaboration avec les autres partenaires que sont les chambres d'agriculture, les organisations paysannes, etc., les diffuser aux agents économiques (ménages agricoles, entreprises de travaux agricoles, de transformation, commerçants, fournisseurs, etc.) des informations qui leur permettront de mieux appréhender les situations et les évolutions technico-économiques et donc le marché.

Conclusion

Après une longue période de stagnation la zone de l'Office du Niger connaît depuis une décennie une croissance agricole soutenue. A l'origine de ces changements, il y a les réformes engagées parmi lesquelles la mise en place d'une gestion paritaire de l'eau entre l'Office du Niger et les Exploitants après réhabilitation des principaux ouvrages et réhabilitation et « modernisation » des aménagements.

L'Office du Niger s'est doté d'un véritable service de gestion de l'eau avec un dispositif comprenant des ressources humaines spécialisées et des moyens logistiques adéquats. Les usagers de l'eau (les Exploitants) ont été directement impliqués et responsabilisés avec la mise en place de comités paritaires de gestion. Enfin, la redevance hydraulique a été individualisée ; chaque exploitant étant responsable directement du règlement auprès de l'Office du Niger. L'objet de la redevance hydraulique a également été clarifié avec la mise en transparence de son utilisation pour la maintenance du réseau secondaire et primaire et le fonctionnement du service de gestion de l'eau.

Cette nouvelle organisation a permis une nette amélioration des performances du service de l'eau avec, sur les aménagements réhabilités, une réduction de la consommation en eau. Le niveau de recouvrement de la redevance hydraulique a progressé pour atteindre en moyenne 96 %, avec des travaux d'entretien et de maintenance en augmentation.

Cependant, les progrès à réaliser sont encore nombreux pour faire face aux défis de l'extension du domaine aménagé, élément indispensable pour poursuivre la croissance agricole, pour s'adapter aux évolutions institutionnelles en cours et pour améliorer la productivité du système hydraulique et sa compétitivité vis-à-vis des marchés de la sous-région.

Les consommations en eau sont encore globalement très élevées, une gestion plus économe reste donc un objectif prioritaire pour l'Office du Niger. Les possibilités d'extension du domaine aménagé en dépendent. Mais, la gestion de la ressource doit également être abordée au niveau du bassin. « *La crise de l'étiage 1999 est un signal d'alarme montrant la nécessité d'une gestion concertée de l'eau afin de garantir l'accès à l'eau pour l'agriculture, l'électricité, la navigation en temps opportun. Le défi à relever dans la gestion des aménagements du bassin du fleuve Niger est de parvenir à une gestion concertée des ouvrages* » (Kuper et al., 2000).

L'organisation mise en place est caractérisée par un changement de responsabilité au niveau de la prise d'arroseur et donc un risque de rupture du service de l'eau à ce niveau comme l'indique l'insuffisance d'entretien du tertiaire. Des améliorations doivent être recherchées et apportées. Elles concerneront certainement un renforcement du rôle des organisations de base que constituent les comités paritaires de partiteur et éventuellement l'instauration d'une « redevance tertiaire ».

Enfin, pour assurer un service plus efficace et plus performant, l'Office du Niger doit se doter d'outils de gestion modernes qui lui permettent de mieux suivre, évaluer et planifier les activités du service de l'eau, tout en facilitant la participation des représentants des exploitants aux prises de décisions dans les différents comités.

Bibliographie

- BARIS P., COSTE J., COULIBALY A., DEME M., 1996. Analyse de la filière rizicole de la zone de l'Office du Niger et des perspectives à moyen et long termes. Primature/Ministère du développement rural et de l'environnement. Paris, 110 p.
- BARRY A.W., DIARRA S.B., DIARRA D., 1998. Promouvoir les exportations du riz malien vers les pays de la sous-région. USAID. Washington, 66 p.
- BRIQUET J.P., MAHE G., BAMBA F., OLIVRY J.C., 1996. Changements climatiques récents et modifications du régime hydrologique du fleuve Niger à Koulikoro (Mali). Iahs Publications, n° 238, p. 157-166.
- GORO I., 1998. Gestion des grands aménagements : le cas de l'Office du Niger. In Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation. Atelier Psi-Coraf, Niamey Octobre 1996. J. C. Legoupil, B. Lidon, I. M. Maïga et S. Ndiaye Ed., Editions Coraf, p. 159 - 180.

- Hamel E., 1998. Notice de formation : la maîtrise des irrigations avec le ratio A/B sise à la prise du partiteur. Office du Niger.
- HASSANE A., KUPER M., ORANGE D., 2000. Influence des aménagements hydrauliques et hydro-agricoles du Niger supérieur sur l'onde de la crue du delta intérieur du Niger au Mali. Sciences et Technologies, n° 4.
- KEITA N., KALOGA K., BELIERES J.-F., 1999. D'une gestion étatique de l'eau à une gestion paritaire Etat/usagers : le cas de l'Office du Niger au Mali. *In* Hydrotop 99, Marseille, 15 au 17 juin 1999, 26 p.
- Konaté S., 1990. Gestion de l'eau et suivi des activités de l'unité d'entretien dans le secteur du Sahel de l'Office du Niger. Office du Niger
- KONE N.F., FRANÇOIS G., ONIMUS F., DIALLO A., 1998. Evaluation du contrat plan Etat - Office du Niger - Exploitants Agricoles 1996 - 1998. Tome 3 : Maintenance et redevance hydraulique. Ministère du développement rural et de l'eau. Office du Niger, 76 p.
- KUPER M., HASSANE A., ORANGE D., CHOHIN-KUPER A., SOW M., 2000. Régulation, utilisation et partage des eaux du fleuve Niger : l'impact de la gestion des aménagements hydrauliques sur l'Office du Niger et le delta intérieur du Niger au Mali. Communication au séminaire : Gestion intégrée des ressources naturelles dans les zones inondables tropicales (Girn-Zit), 19 - 23 juin 2000, Bamako Mali, 18 p.
- MARIKO D., CHOHIN-KUPER A., KELLY V., 1999. La filière riz à l'Office du Niger au mali : une nouvelle dynamique depuis la dévaluation du FCFA. Bamako, Institut d'économie rurale (Ier) et Institut du Sahel (Insah), 37 p.
- MENDEZ del VILLAR P., SOURISSEAU J.-M., DIAKITE L., 1995. Les premiers effets de la dévaluation sur les filières riz irriguées au Sahel. Le cas du Mali. Montpellier, Ier/Cirad, 183 p.
- MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DE L'EAU, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1999. Etude environnementale de la zone de l'Office du Niger. Rapport de synthèse. Ministère du développement rural et de l'eau et Ministère de l'environnement, 63 p.
- OLIVRY J.C., 1995. Fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du Niger et essai de modélisation du delta intérieur. *In* Actes du colloque "Grands bassins fluviaux périatlantiques". J.C. Olivry et J. Boulègu (éds). Paris, Orstom.
- OUVRY F., MARLET S., TANGARA B., GOITA O., 1999. Suivi de l'irrigation et du drainage. Etude des règles de gestion de l'eau et bilans hydro-salins à l'Office du Niger (cas de la zone de Niono, Mali). Ier/Psi, 30 p.
- OUVRY F., TANGARA B., LY B., 1998. La gestion de l'eau et de la maintenance à l'Office du Niger. Synthèse bibliographique. Ier/Psi, 37 p.
- SOGREAH-BCEOM-BETICO, 1999. Etude du schéma directeur de développement pour la zone Office du Niger. Rapport principal Etape 1 : Diagnostic de la situation actuelle. Office du Niger. Septembre 1999. 108 p. + annexes et cartes.
- SOGREAH-BCEOM-BETICO, 2000. Etude du schéma directeur de développement pour la zone Office du Niger. Phase 1 B. Document de travail : Aménagement. Office du Niger. 44 p.
- TOURE A., ZANEN S., KONE N.F., 1997. La restructuration de l'Office du Niger. Contribution de Arpon III. Coopération néerlandaise. Office du Niger. 154 p.

Thème 2

Les coordinations entre acteurs
dans un environnement incertain

L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur les choix stratégiques des agriculteurs

Lecture des choix d'assolement d'un périmètre irrigué en Tunisie

Nicolas FAYSSÉ^{*1}

*CEMAGREF, Montpellier, France

Résumé - L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur les choix stratégiques des agriculteurs. Au sein des périmètres irrigués qui connaissent une pénurie d'eau structurelle, il est souvent difficile d'effectuer l'allocation de l'eau car les agriculteurs valorisent différemment l'eau, et ces capacités individuelles sont peu connues du gestionnaire du périmètre.

En l'absence de marché, la valorisation optimale peut être atteinte par un mécanisme de révélation ou un menu de contrats, mais le gestionnaire doit pour cela connaître la distribution totale sur les capacités. Lorsqu'il ne connaît pas cette distribution, il doit chercher un optimum de second rang en fonction du degré d'hétérogénéité du groupe d'agriculteurs.

De façon très générale, on peut alors définir des règles d'allocation de type *ex ante*, où chaque agriculteur reçoit une quantité d'eau indépendante de ses choix et de ceux des autres agriculteurs, et des règles de type *ex post* qui distribuent l'eau en fonction des choix effectués. Si les règles de type *ex post* permettent de bien valoriser l'eau sur l'ensemble du système irrigué, elles créent aussi des interactions stratégiques qui aboutissent à un sur-assolement. Différentes règles d'allocation possibles sont comparées en fonction de l'hétérogénéité du groupe d'agriculteurs.

Cette partie théorique est utilisée ensuite pour l'étude d'un périmètre irrigué en Tunisie, dont la règle d'allocation est de type *ex post* et a conduit effectivement à un surassolement. Cet équilibre est qualitativement retrouvé par convergence des choix individuels des agriculteurs, représentés par des modèles d'optimisation sous contraintes.

Abstract - The impact of collective water allocation rules on strategic choices made by farmers. Water allocation in water scarce irrigation schemes proves to be difficult because farmers are often unequal regarding their capacity to valorize water. Furthermore, the irrigation scheme manager usually does not know these capacities.

When it is impossible to set up a market, the water valorization optimum can still be attained with a revelation mechanism or a panel of contracts, but it requires that the Manager knows the global distribution over farmers' capacities. When the Manager does not have this information, he must look for a second rank optimum that will depend on group inequality.

Water allocation rules can be divided into two groups: *ex ante* rule grants a certain amount of water whatever the farmer and the other farmers' choices, whereas *ex post* rule shares water according to what has been put under crops. The latter can allow an efficient allocation of water given the cropping pattern but it leads also to an Nash equilibrium of overcropping. Different possible water allocation rules are compared according to farmers group inequality originating from their capacity to valorize water.

Then a Nash equilibrium is used in simple models to reproduce the actual overcropping pattern of an irrigation scheme in Tunisia and to simulate other allocation rules.

¹n.faysse@cgiar.org. Travail effectué dans le cadre d'une coopération entre le laboratoire d'hydrologie de l'IRD (projet MERGUSIE) et la division Irrigation du Cemagref Montpellier. Ce travail constitue une synthèse d'une partie de la recherche faite dans (Faysse, 2001).

La gestion de la pénurie d'eau au sein des périmètres irrigués est un objectif majeur : de nombreux périmètres irrigués sont conçus pour desservir un maximum d'agriculteurs, dans un objectif d'équité, quitte à prévoir dès le départ que le système ne pourra pas apporter toute l'eau potentiellement nécessaire (Jurriëns et Mollinga, 1996). Cette gestion de la pénurie est d'autant plus importante que, pour l'eau d'irrigation comme pour les autres usages de l'eau, il apparaît actuellement plus difficile de mobiliser de nouvelles ressources.

De plus, les agriculteurs ne disposent pas de la même capacité à valoriser l'eau qui leur est allouée, parce qu'ils n'ont pas les mêmes compétences, ou que les pertes sur le réseau engendrent une différence de productivité par unité d'eau envoyée à partir de l'entrée du périmètre. Le Gestionnaire en charge de l'allocation de l'eau au sein du périmètre irrigué connaît en général mal les différentes capacités des agriculteurs. Cette asymétrie d'information empêche le Gestionnaire d'allouer l'eau de façon à la valoriser au mieux, puis dans un deuxième temps d'effectuer les transferts monétaires lui permettant de réaliser des objectifs d'équité.

Les agriculteurs sont souvent autonomes dans leur choix d'assolement, tant en ce qui concerne les types de cultures irriguées que les surfaces semées. Alors, une règle qui conduit à une redistribution importante des revenus incitera moins les agriculteurs valorisant bien l'eau à investir qu'une règle leur garantissant de conserver tout leur revenu : il apparaît un dilemme entre valorisation de l'eau et équité.

Comment, dans ce contexte, allouer l'eau au mieux ?

De façon générale, même dans un contexte de rareté, les marchés de l'eau sont rares, et ceci pour plusieurs raisons.

- L'eau est souvent considérée comme un bien ne pouvant être vendu et acheté. C'est le cas, par exemple, pour certains périmètres irrigués au Kenya (Gillingham, 1999).
- Les droits d'eau ne sont pas assez bien définis ou ne sont pas reconnus par l'Etat. Bauer (1998) estime que les marchés de l'eau au Chili ont abouti en partie à un échec parce que le Code des Eaux de 1981 qui a permis ces marchés n'a pas pris en compte la complexité des droits d'eau, et notamment l'existence d'usages non consommateurs (par exemple, les centrales hydroélectriques)
- Les coûts de mise en place peuvent être très importants. En raison de ces coûts, le marché peut ne pas être l'allocation qui donne la valorisation maximale de l'eau.
- La collectivité a d'autres objectifs que celui de la valorisation de l'eau, à travers l'allocation (partage du risque, redistribution sociale, etc.). D'un point de vue plus théorique, si on suppose que la Collectivité cherche à maximiser la fonction de bien-être $\int u(V(\theta), \theta) d\mu$, où V est le volume distribué et θ une caractéristique des individus, l'optimum peut être atteint par un marché couplé à des transferts forfaitaires qui dépendent de θ (deuxième théorème de l'économie du bien-être). Lorsque la Collectivité ne connaît pas ces caractéristiques individuelles, la solution précédente n'est plus possible et, dans une analyse de second rang, des solutions intéressantes peuvent être des mécanismes de taxation ou de révélation (Guesnerie, 1995).

Pour ces raisons, la Collectivité va presque toujours faire appel à d'autres règles que le marché pour répartir la ressource en eau. Il est possible de définir deux grandes familles de règles d'allocation de l'eau.

La première famille de règles, que nous appellerons *ex ante*, consiste à distribuer à chaque agriculteur une fraction donnée du volume, indépendamment de ses choix et de ceux des autres agriculteurs.

Il n'y a alors pas d'interactions stratégiques entre les agriculteurs mais il existe alors des différences *ex post* de valorisation de l'eau.

C'est le cas du système *warabandi* utilisé au Pakistan et en Inde et mis en place au siècle dernier par les Britanniques dans un objectif d'équité : chaque agriculteur reçoit l'eau pendant une durée proportionnelle à sa surface possédée et donc indépendante de la surface qu'il a réellement mise en culture (Chaudry et Young, 1990). Il existe aussi des allocations *ex ante* en temps d'irrigation par personne, à Haïti (Le Gentil, 1986) ou en Tanzanie (Gillingham, 1999).

La deuxième famille de règles, les règles *ex post*, consiste à allouer l'eau à chaque agriculteur en fonction des choix effectués, la règle prépondérante consistant à attribuer un volume proportionnel à la surface mise en culture.

A titre d'exemple, dans les périmètres irrigués de la Tunisie Centrale, des arbitrages collectifs sont effectués en faveur des cultures maraîchères d'été, considérées comme prioritaires par rapport aux cultures d'hiver. De plus, dans l'un d'entre eux, le périmètre d'El Melalsa, chaque agriculteur peut irriguer autant qu'il le désire une fois qu'il a la main d'eau. La durée du tour d'eau est alors celle qui permet d'irriguer suffisamment une fois tous les champs du périmètre. Chaque hectare est ainsi irrigué à chaque fois de

façon suffisante avec pour périodicité celle du tour d'eau et donc dépend de la surface mise en culture sur l'ensemble du périmètre (Faÿsse, 2000).

Sur 23 petits périmètres irrigués des Philippines étudiés par Schlager et al. (1994), 30% utilisent un tour d'eau sans limite individuelle de temps, i.e. de type *ex post*, et 56% utilisent un tour de type *ex ante*, soit avec une allocation en temps soit avec une allocation en portion du débit.

Si les règles *ex post* permettent une bonne valorisation de l'eau à assolement collectif donné, elles vont néanmoins conduire souvent *ex ante* à un équilibre de Nash de surasselement.

De façon générale, lorsqu'il n'est pas possible de mettre en place un marché, les règles possibles n'offrent que des optimums de second rang. L'étude cherche à comparer, dans ce contexte, des règles à la fois mises en œuvre, telles que celles présentées ci-dessus, et des règles possibles, telles que des mécanismes de révélation (voir infra).

Nous nous plaçons ici dans le cas où les agriculteurs, au moment du choix d'assolement, connaissent le volume collectif qui sera à partager ainsi que les modalités de la règle d'allocation qui sera utilisée. Si la règle alloue l'eau en fonction des assolements choisis, il y aura alors des interactions stratégiques entre les agriculteurs, interactions dont les équilibres sont des équilibres non-coopératifs de Nash (Ostrom, 1994).

La question posée et l'arbitrage proposé sont ici appliqués à l'agriculture, mais ils sont en fait valables pour toutes les ressources naturelles en bien commun dont la valorisation individuelle dépend d'un investissement individuel fait initialement : des questions semblables existent ainsi dans le domaine des pêches (Platteau et Seki, 1998).

L'article est organisé de la façon suivante. La section 1 pose le cadre formel utilisé ; la section 2 caractérise l'allocation optimale lorsque le Gestionnaire connaît les capacités individuelles à valoriser l'eau. Dans la section 3, le problème général lorsqu'il n'a plus cette information est défini : d'abord lorsque le Gestionnaire connaît la distribution sur le système irrigué, puis lorsqu'il ne dispose d'aucune information. Ensuite, différentes règles d'allocation existantes ou envisageables sont déterminées puis comparées en fonction du degré d'hétérogénéité du groupe. Enfin, la dernière section est consacrée à l'étude de cas sur le périmètre irrigué El Melalsa : la règle actuelle de gestion de l'eau est modélisée comme un équilibre de Nash sur les choix d'assolement. D'autres règles envisageables pour ce périmètre irrigué sont aussi déterminées.

Approche formelle du problème

Nous considérons un système irrigué composé de n agriculteurs, chacun pouvant choisir en début de campagne la surface qu'il va mettre en culture irriguée. Nous considérons que les choix des agents sont simultanés.

Lorsque le stress hydrique n'est pas trop important, le rendement à l'hectare r d'une culture peut être exprimé en unité monétaire comme une fonction concave C^1 de l'eau apportée. Nous supposons aussi qu'il existe une quantité d'eau V_m telle que $(\forall V > V_m, r = r_m)$ mais cette hypothèse, si elle est réaliste, n'a pas d'impact sur la formulation mathématique puisqu'il est toujours plus profitable de se placer sur la partie croissante de la courbe.

Nous supposons qu'un agriculteur peut choisir de mettre en culture irriguée une surface s_i limitée par la surface disponible s_m . Le fait qu'il puisse mettre par ailleurs une culture non irriguée de rendement indépendant des choix d'irrigation n'a pas d'importance.

Chaque agriculteur va obtenir une fraction V_i du volume collectif V et va la répartir uniformément sur la surface irriguée s_i qu'il a choisie, par concavité de la courbe de rendement². Un coefficient a_i représente la capacité de l'agriculteur à valoriser l'eau : ce peut être la possibilité de faire différentes cultures ou bien une meilleure technicité. Le bénéfice que tire l'exploitant i vaut à l'hectare : $a_i r(\frac{V_i}{s_i})$.

Enfin, l'agriculteur va payer des charges pour ses cultures, charges que nous supposons proportionnelles à la surface irriguée. Ces charges $k s_i$ sont normalisées de telles sorte que $r(0) = 0$.

Le revenu de l'agriculteur est alors :

$$\pi_i = s_i [a_i r(\frac{V_i}{s_i}) - k]$$

²Par la suite, nous utilisons des lettres majuscules V pour indiquer un volume attribué sur toute la surface mise en culture et des lettres minuscules v lorsque le volume est donné à l'hectare.

De plus, l'agriculteur va payer un montant t au Gestionnaire ou sur un marché. Ce montant représente souvent une taxe correspondant au coût de l'eau et alors est positif, mais il peut aussi représenter un échange monétaire effectué sur un marché et il peut alors être négatif.

Nous faisons enfin l'hypothèse que le choix de surface fait par un agriculteur n'influence les autres qu'à travers la surface totale $S = \sum_{i \in I} s_i$ mise en culture sur le système irrigué.

La règle collective est alors définie par un couple formé d'une fonction d'allocation de l'eau $V_i = f(i, s_i, S, V)$ telle que $V = \sum_{i \in I} f(i, s_i, S, V)$ et d'une fonction de taxation $t(i, s_i, S, V)$ telle que $\sum_{i \in I} t_i \geq 0$.

On suppose que l'agriculteur maximise son revenu ; il résout alors :

$$\underset{s_i \leq s_m}{Max} \quad U_i(\pi_i) = U_i(s_i[a_i r(\frac{f(i, s_i, S, V)}{s_i}) - k] - t(i, s_i, S, V)) \quad (1)$$

Avant d'étudier la gestion collective de l'eau, nous examinons le cas d'un agriculteur seul dans ce cadre théorique.

Choix de surface irriguée pour un agriculteur seul

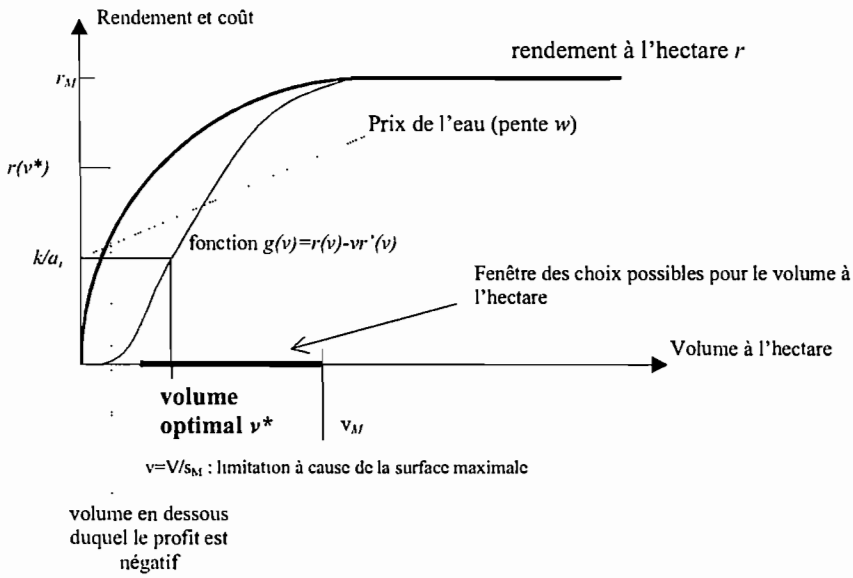


Figure 1: volume optimal par hectare pour un agriculteur seul

Ici, un agriculteur seul peut utiliser un volume V_i et paie alors un coût de production de l'eau wV_i . Le choix de la surface irriguée vient de la résolution du programme :

$$\underset{s_i \leq s_m}{Max} \quad \pi_i = s_i[a_i r(\frac{V_i}{s_i}) - k] - wV_i \quad (2)$$

Puisque la fonction de production est concave, $\frac{\partial^2 \pi_i}{\partial s_i^2} = \frac{V_i}{s_i^2} r''(\frac{V_i}{s_i}) \leq 0$ et par conséquent le profit π est lui aussi une fonction concave en s_i . Ainsi, si μ est le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte du problème (2), le volume par hectare optimal v_i^* est défini par :

$$a_i r(v_i^*) - a_i v_i^* r'(v_i^*) - k - \mu = 0 \quad (3)$$

Soit $g(u) = r(u) - ur'(u)$; si la surface optimale s_i^* est plus petite que s_m , alors elle est donnée par $g(v_i^*) = \frac{k}{a_i}$. De plus, $g'(u) = -ur''(u) > 0$ donc g est inversible :

$$s_i^* = \min(s_m, \frac{V_i}{g^{-1}(\frac{k}{a_i})}) \quad (4)$$

Ainsi, v_i^* a deux limites inférieures :

- celle due à la surface irrigable maximale $s_{in} : v_i^* \geq \frac{V_i}{s_m}$;

- et le fait que le profit doit être positif : $r(v_i) \geq \frac{k+ws_i}{a_i}$.

Si la solution est intérieure, le volume optimal par hectare est représenté sur la figure (1).

Le programme de la collectivité

Nous nous plaçons dans un contexte utilitariste : nous supposons que la fonction de bien-être social de la collectivité est $W = \sum U_i$. Le programme est donc le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{f,t} \quad & \sum_{i=1,n} \left\{ U_i \left[s_i \left[a_i r \left(\frac{f(i, s_i, S, V)}{s_i} \right) - k \right] - t(i, s_i, S, V) \right] \right\} \\ \text{s.c.} \quad & \begin{cases} \forall i \in \{1, n\} & s_i = \text{Arg}_{s_i} \text{Max}_{s_i} \lambda_i U_i \left[r_i \left(\frac{f(i, s_i, S, V)}{s_i} \right) - k \right] - t(i, s_i, S, V) \\ & \sum_i f(i, s_i, S, V) = V \\ & \sum_i t(i, s_i, S, V) \geq KT \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

On suppose par la suite que les agriculteurs sont ordonnés de telle façon que a_i est décroissant en i .

L'allocation optimale

Nous supposons que le Gestionnaire connaît les coefficients individuels et peut imposer les surfaces mises en culture et le volume alloué à chaque agriculteur. Le coût unitaire de production de l'eau est ici de w , comme pour la section traitant d'un agriculteur seul. Alors, l'optimum collectif est donné par :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{(s_i, V_i), i \in I} \quad & \sum s_i \left(a_i r \left(\frac{V_i}{s_i} \right) - k \right) - w V_i \\ \text{s.c.} \quad & \sum V_i = V \text{ et } \forall i \in I \quad s_i \leq s_m \end{aligned} \quad (6)$$

Proposition 1 *Quand le Gestionnaire connaît les capacités individuelles à valoriser l'eau et peut imposer les surfaces mises en culture et le volume alloué à chaque agriculteur, il peut faire la distinction entre deux groupes d'agriculteurs pour atteindre la valorisation maximale.*

◦ De l'agriculteur 1 à l'agriculteur q défini par $a_q g((r')^{-1}(\frac{\lambda(q)}{a_q})) = k$, toute la surface irrigable est mise en culture et chaque agriculteur reçoit $v_i^* = r'^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})$ avec λ défini par $V = s_m \sum_{i=1}^q (r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})$. Si on pose $a_{-i} = (a_j)_{j \in I \setminus \{i\}}$, la fonction correspondante est donc :

$$f_{opt}(a_i, a_{-i}, V) = s_i r \left(r'^{-1} \left(\frac{\lambda}{a_i} \right) \right)$$

◦ De l'agriculteur $q+1$ à n , aucune surface n'est mise en culture.

La démonstration est faite en annexe 1. Cette allocation permet d'obtenir la valorisation maximale de l'eau. De plus, comme le Gestionnaire connaît les capacités individuelles, il peut ensuite réaliser les transferts monétaires souhaités et atteindre ainsi des objectifs d'équité qu'il aurait pu avoir par ailleurs. Dans la suite, pour alléger l'écriture, on entendra par "allocation optimale" cette allocation qui permet de valoriser l'eau de façon optimale.

Sur quelques rares systèmes irrigués, il existe des règles d'allocation qui dépendent de la valorisation potentielle de l'eau. Ainsi, en Colombie, les réseaux d'irrigation de Coello et Saldaña sont gérés depuis 1976 par des associations d'irrigants. Le tour d'eau est déterminé en fonction d'allocations fondées sur le type de culture et sur la surface semée. En début de chaque campagne, chaque usager a la responsabilité d'aller au siège de l'association pour signer son accord pour le tour d'eau (Vermillon et Garcés-Restrepo, 1996).

Lorsque le Gestionnaire ne connaît pas les capacités individuelles à valoriser l'eau

En pratique, dans la plupart des cas, le Principal ne connaît pas les valeurs des coefficients a_i . Par la suite, deux cas sont considérés.

- Soit le Gestionnaire connaît la distribution générale des capacités individuelles a_i . Par exemple, il aura effectué par sondage une typologie qu'il estime pouvoir ensuite étendre à l'ensemble de la population. Autre possibilité : la procédure d'allocation s'est répétée déjà un certain nombre d'années, ce qui permet au Gestionnaire de faire une estimation.

- Soit le Gestionnaire n'a aucune information sur les compétences. C'est par exemple le cas si la capacité individuelle rend compte des compétences, qui peuvent changer au cours du temps. On cherche alors les fonctions d'allocation et de taxation de la forme $(f, t)(s_i, S, V)$ qui permettent la meilleure valorisation totale de l'eau.

Lorsque le Gestionnaire connaît la distribution sur les capacités individuelles

On suppose que le Gestionnaire connaît la distribution des compétences individuelles $(a_i)_{i \in I}$, c'est-à-dire qu'il sait devoir répartir l'eau entre n individus ayant ces caractéristiques, même s'il n'est pas capable d'associer à chaque agriculteur du système irrigué une capacité individuelle donnée a_i .

Il est possible de concevoir un mécanisme de révélation pour atteindre l'optimum de premier rang.

Un mécanisme de révélation est un processus d'allocation lorsque le Centre ne connaît pas les caractéristiques individuelles des agents. Ce processus comporte trois étapes. D'abord, le Centre annonce ce que chaque agent va recevoir en fonction de la caractéristique annoncée. Ensuite, les agents annoncent au Centre leur caractéristique (ce mécanisme est alors *direct* dans le sens où les messages ne contiennent que les caractéristiques des agents). Enfin, le Gestionnaire procède à l'allocation en fonction des annonces faites. Par ailleurs, un mécanisme de révélation est par définition *révélateur*, c'est-à-dire que l'annoncé des vraies caractéristiques est un équilibre de Nash (qu'on pourra éventuellement vouloir être en stratégies dominantes).

Dans le cas présent, le Gestionnaire va annoncer les fonctions d'allocation et de taxation qui seront utilisées. Ensuite, chaque agriculteur envoie un message dans lequel il indique la capacité individuelle à valoriser l'eau a_i qu'il souhaite annoncer. Enfin, le Gestionnaire calcule le volume alloué et la taxe à payer, en fonction de l'annonce de chacun et de la distribution totale des annonces.

Soit $h(u)$ la fonction de densité des coefficients $(a_i)_{i \in I}$, supposée connue du Gestionnaire.

Proposition 2 *Il est possible de mettre en place un mécanisme de révélation qui atteigne l'optimum de valorisation.*

◦ La fonction d'allocation est celle correspondant à l'allocation optimale :

$$f_r(a_i, s_i, S, V) = s_i(r')^{-1}\left(\frac{\lambda}{a_i}\right) = f_{opt}(a_i, a_{-i}, V)$$

◦ La fonction de taxation est :

$$t_r(a_i, s_i, S, V) = s_i \left(a_i r' \left((r')^{-1} \left(\frac{\lambda}{a_i} \right) \right) - \int_{a_q}^{a_i} r' \left((r')^{-1} \left(\frac{\lambda}{u} \right) \right) h(u) du \right)$$

Le multiplicateur de Lagrange λ est celui associé à l'allocation optimale :

$$V = \sum_{i=1}^q s_i (r')^{-1} \left(\frac{\lambda}{a_i} \right) \quad (7)$$

où q est l'agriculteur pivot pour l'allocation optimale.

Le profit individuel vaut alors : $\pi(a_i) = s_i \int_{a_q}^{a_i} r' \left((r')^{-1} \left(\frac{\lambda}{u} \right) \right) h(u) du$.

La démonstration est faite en annexe 3.

La figure (2) représente l'ensemble des contrats possibles, qui comprennent l'origine et la courbe C dessinée dans le plan $(s = s_m)$: C est le lieu des points $(V(a_i), t(a_i))$ lorsque i décrit I avec $s = s_m$.

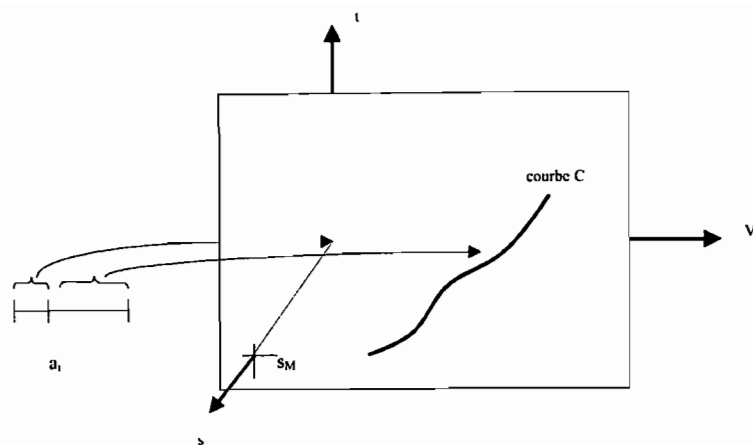


Figure 2: lieu des allocations avec l'allocation optimale et le mécanisme de révélation

En général, en théorie des contrats, un mécanisme de révélation ne permet pas d'atteindre l'optimum parce que pour inciter les "bons" agents à révéler leur type, il faut leur donner une rente nuisible à la collectivité. Ici, la situation est telle qu'il est à la fois intéressant pour les "bons" agriculteurs et pour la Collectivité que ces derniers révèlent leur type.

Peut-on, à partir du principe de taxation, définir une taxe qui soit équivalente au mécanisme de révélation, i.e. conduire à l'allocation optimale ?

Le principe de taxation pose que dans certaines conditions, toute allocation qui peut être atteinte par un mécanisme de révélation peut l'être par une taxe, et réciproquement (Guesnerie, 1995).

Dans le cas étudié, un couple d'allocation-taxation qui ne serait défini qu'en fonction de la surface mise en culture, soit $t(s_i)$, $V(s_i)$, serait insuffisant pour décrire le lieu des allocations, puisque la population des agriculteurs se partage en $s_i = 0$ et $s_i = s_m$: il ne serait pas possible de distinguer le volume à attribuer entre différents agriculteurs ayant choisi de mettre toute leur surface en culture irriguée. Il faut donc ici laisser les agriculteurs choisir à la fois leur surface s_i et leur volume V_i , puis taxer à partir d'une fonction de taxation $t(s, V)$ construite à partir du mécanisme de révélation.

Proposition 3 *Il est possible de construire une fonction de taxation $t(s, V)$ qui permette d'atteindre le maximum de valorisation. La fonction de taxation est définie de la façon suivante :*

- $t(0, 0) = 0$;
- $\forall (s_i, V_i) \in C, \exists ! a_i; V_i = s_i(r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i}) = f_{opt}(a_i, a_{-i}, V)$ où λ est le multiplicateur calculé pour l'allocation optimale ; alors $t(s, V) = t_r(a_i)$;
- $\forall (s_i, V_i) \in \mathbb{R} \setminus \{C \cup (0, 0)\}, t(s_i, V_i) = M$ où M est une valeur dissuasive quelconque.

Notons que puisque le Gestionnaire connaît la distribution des $(a_i)_{i \in I}$, il peut effectivement calculer le multiplicateur λ tel que défini par l'équation (7).

Cette proposition constitue une simple application du principe de taxation : puisque le mécanisme de révélation ci-dessus permet d'atteindre l'allocation optimale, il est efficace et les conditions du principe sont vérifiées (voir Fayse, 2001). En pratique, évidemment, des "amendes" dissuasives seraient très mal acceptées : on pourra simplement remplacer ce système de taxation par un menu de contrats (V, s, t) qui décrira la courbe C.

Lorsque le Gestionnaire n'a aucune information sur les capacités individuelles

Lorsque le Gestionnaire n'a aucune information sur les capacités individuelles, il doit allouer l'eau en fonction des seuls paramètres (s_i, S, V) . Le Gestionnaire ne peut alors plus réaliser l'allocation optimale puisqu'il n'a plus aucun moyen de différencier deux agriculteurs mettant en culture irriguée la surface maximale s_m (différenciation que fait l'allocation optimale). Un marché permet évidemment d'atteindre l'optimum, mais il est de nature très différente des fonctions étudiées ici.

Proposition 4 Le marché permet d'atteindre l'optimum de valorisation de l'eau.

La démonstration est faite en annexe 2.

Si on écarte la possibilité d'un marché, pour les raisons évoquées au chapitre préliminaire, il faut donc, en absence d'informations sur les caractéristiques individuelles, chercher à bâtir des fonctions dans un raisonnement de second rang.

Outre les règles communément utilisées *ex ante* et *ex post* associées à une taxe linéaire sur le volume, deux autres mécanismes potentiellement intéressants vont être caractérisés :

- une allocation mixte entre les allocations *ex ante* et *ex post* ;
- une allocation *ex post* couplée à un partage des revenus pour décourager le surinvestissement.

Allocation *ex ante*

Ici, chaque agriculteur sait avant le début de la campagne d'irrigation qu'il obtiendra une part donnée du volume collectif, par exemple $\frac{V}{n}$, et qui n'est pas liée à sa capacité individuelle à valoriser l'eau. Par conséquent, chaque agriculteur effectue ses choix de mise en culture en maximisant :

$$\pi_i = s_i \left[a_i r \left(\frac{V}{n \cdot s_i} \right) - k \right] - w \frac{V}{n}$$

et on a $v_i = \frac{V}{n \cdot s_i} = g^{-1} \left(\frac{k}{a_i} \right)$. L'agriculteur ne prend pas alors en compte les choix des autres irrigants dans son propre choix.

La fonction g^{-1} est croissante donc v_i est décroissant en a_i et croissant en i : les agriculteurs moins compétents apportent plus d'eau à l'hectare et par conséquent mettent en culture une surface moins importante. Les valorisations marginales de l'eau sont différentes : il y a un potentiel de réallocation.

De plus, $s_i = \frac{V}{n g^{-1} \left(\frac{k}{a_i} \right)}$ d'où $S = \frac{V}{n} \sum \frac{1}{g^{-1} \left(\frac{k}{a_i} \right)}$.

Ce n'est que lorsque tous les agriculteurs sont identiques que l'allocation *ex ante* permet d'atteindre l'optimum de valorisation de l'eau.

Allocation *ex post* sans mutualisation du profit

Chaque agriculteur va recevoir un volume proportionnel à la surface irriguée $V_i = \frac{s_i V}{\sum s_i}$ et va payer une taxe correspondant à un prix de l'eau w par unité de volume. Le profit individuel est alors :

$$\pi_i = s_i \left(a_i r \left(\frac{V}{S} \right) - k - w \frac{V}{S} \right) \quad (8)$$

Il y a interdépendance entre les agriculteurs et, de plus, le volume à l'hectare sera le même pour tous les agriculteurs : $v^* = \frac{V}{S}$. Alors, les agriculteurs qui peuvent obtenir un profit positif, c'est-à-dire pour lesquels $a_i > \frac{k+w}{r(v^*)}$, mettront en culture toute leur surface cultivable. En revanche, ceux qui ne pourraient rembourser leurs coûts fixes du fait de leur mauvaise valorisation de l'eau, i.e. ceux pour lesquels $a_i < \frac{k+w}{r(v^*)}$, ne mettront rien en culture.

Proposition 5 Avec la règle d'allocation *ex post* sans partage des revenus, les agriculteurs les plus compétents mettent toute leur surface en culture, jusqu'à l'agriculteur pivot $p(w)$ défini par $a_p r \left(\frac{V}{p s_m} \right) = k$, tandis que les autres agriculteurs ne mettent rien en culture.

Il y a un surasselement relativement à l'allocation optimale tant que le prix de l'eau $w < w^* = v_q a_q r'(v_q)$, où v_q est le volume à l'hectare reçu par l'agriculteur pivot q dans le cadre de l'allocation optimale.

Avec cette règle, le prix $\hat{w}$ qui permet la meilleure valorisation collective est défini par :

$$a_{\hat{p}} r \left(\frac{V}{\hat{p} s_m} \right) - k - \frac{V}{\hat{p}^2 s_m} r' \left(\frac{V}{\hat{p} s_m} \right) \sum \hat{p} a_i = 0 \text{ avec } a_{\hat{p}} r \left(\frac{V}{\hat{p} s_m} \right) = k \quad (9)$$

La démonstration est faite en annexe 4.

Un prix élevé de l'eau conduit à un mécanisme de révélation indirecte sur les compétences des agriculteurs. Néanmoins, puisque l'argent perçu doit être ensuite redistribué entre les agriculteurs, cette allocation serait fondée sur des transferts importants d'argent et courrait le risque que le Gestionnaire "prenne l'argent et s'enfuit".

Dayton-Johnson (2000) montre de même qu'avec une répartition à la personne des coûts et une allocation de l'eau proportionnelle à la surface possédée, il n'y a qu'un nombre restreint d'agriculteurs qui participeront au système.

Dans la plupart des périmètres irrigués de la région de Kairouan, des règles de priorité entre les cultures sont utilisées : elles peuvent être classées comme des règles de type *ex post*. Ainsi, au printemps, à Bled Abida comme à El Melalsa, les cultures maraîchères sont prioritaires sur les cultures d'hiver telles que le blé. De plus, le melon peut supporter 15 jours sans irrigation tandis que la pastèque ne peut attendre plus d'une semaine. C'est pourquoi, à El Melalsa, les agriculteurs qui ont semé de la pastèque peuvent s'insérer dans le tour d'eau, mais pendant la nuit uniquement.

Enfin, dans le système Pasten utilisé en Indonésie, les gestionnaires calculent les besoins en eau de chaque bloc tertiaire, puis, en tenant compte des pertes, répartissent de façon proportionnelle la pénurie en eau (Howe, 1990). Ainsi, chaque agriculteur reçoit pour la même culture la même quantité d'eau à l'hectare, quelles que soient les pertes sur le réseau jusqu'à son bloc.

Allocation mixte entre *ex ante* et *ex post*

Puisque les règles *ex ante* et *ex post* sont plus ou moins efficaces selon le degré d'hétérogénéité du groupe, il peut être intéressant de construire une allocation mixte entre les deux. Cette allocation a la forme suivante :

$$f = \beta \frac{V}{n} + \frac{(1 - \beta) V s_i}{S} \quad (10)$$

Le paramètre β varie de 0 (allocation *ex post*) à 1 (allocation *ex ante*). Le Gestionnaire peut chercher le paramètre β qui maximise la valorisation totale de l'eau.

Jurriens et Mollinga (1996) proposent que les systèmes irrigués en Inde et au Pakistan se tournent vers une agriculture de production, en limitant le nombre d'irrigants, quitte à atteindre les objectifs de protection sociale à travers des politiques économiques plus globales. Ce système correspondrait à une allocation *ex post*. Cependant, en raison des résistances au changement, ils estiment qu'il serait plutôt préférable d'envisager une solution mixte entre le système tel qu'il a été conçu au départ, de type *ex ante*, et une allocation de type *ex post*.

Allocation *ex post* avec mutualisation du profit

Le principe est ici de réaliser une allocation de type *ex post* en cherchant à limiter le surasselement par une mutualisation des revenus. Il est donc nécessaire de faire ici l'hypothèse - peu commune - que, même si les compétences individuelles ne sont pas connues, la Collectivité connaît les revenus.

Un exemple en est néanmoins donné par Platteau et Seki (1998), dans leur étude sur les pêches au Japon. L'ensemble des pêcheurs connaît l'effort de pêche de chacun, i.e. le nombre de jours en mer, équivalent au choix de la surface irriguée. Il connaît aussi la production constituée par ce que chaque navire ramène au port. Les auteurs donnent l'exemple d'une pêcherie où à la fois les coûts et les profits sont partiellement mutualisés. Il aurait été techniquement possible de définir à partir des données précédentes un paramètre d'efficacité du pêcheur mais il est probable qu'un consensus soit apparu pour ne pas rendre aussi explicites les différences de compétences entre membres.

De plus, il est nécessaire que la taxe ne soit pas linéaire pour avoir un effet sur le choix de la surface irriguée. Si on prélève un montant proportionnel au carré de la marge brute, le profit individuel est :

$$\pi_i = s_i \left[a_i r \left(\frac{V}{S} \right) - k \right] - \theta \left[s_i \left[a_i r \left(\frac{V}{S} \right) - k \right] \right]^2 \quad (11)$$

Le paramètre θ caractérise le niveau de redistribution des revenus.

Au premier ordre : $0 = [a_i r(\frac{V}{S}) - k] - \theta \cdot 2 \cdot [a_i r(\frac{V}{S}) - k]^2 s_i$ d'où :

$$s_i = \frac{1}{2\theta (a_i r(\frac{V}{S}) - k)} \quad (12)$$

avec bien sûr $s \in [0, s_m]$.

L'ensemble des agriculteurs se répartit alors en trois groupes.

- Groupe A. De l'agriculteur 1 à l'agriculteur o tel que $a_o r(\frac{V}{S}) - k = \frac{1}{2\theta s_m}$, les agriculteurs mettent en culture irriguée une surface définie par l'équation (12) inférieure à la surface maximale s_m . La règle choisie incite les agriculteurs compétents à ne pas mettre toute leur surface complètement en culture.
- Groupe B. De l'agriculteur o à m tel que $a_m r(\frac{V}{S(\theta)}) = k$, la surface est complètement mise en culture.

- Groupe C. De m à n les agriculteurs ne mettent rien en culture.

On peut choisir θ pour obtenir la surface totale mise en culture souhaitée (annexe 4). Il est aussi possible de déterminer le paramètre θ permettant la valorisation maximale de l'eau pour ce type de règle (voir annexe 4).

Néanmoins, la répartition entre les différents agriculteurs est très mauvaise puisque, dans le groupe A, plus l'agriculteur est compétent, moins il met en culture.

Application avec une fonction de rendement de forme racine carrée

Prenons pour fonction de rendement $r(v) = \sqrt{v}$, de telle sorte que $g(v) = \frac{\sqrt{v}}{2}$ et $g^{-1}(u) = 4u^2$.

Nous n'avons pas à nous préoccuper du problème de dérivabilité en 0 puisque la présence d'un coût $k > 0$ à l'hectare fait que tous les calculs se font au-delà d'un certain voisinage de l'origine.

Pour le coefficient de capacité à valoriser l'eau, prenons $a_p = \frac{1}{p^\alpha}$, avec $0 < \alpha < \frac{1}{3}$. Lorsque α est proche de 0, le groupe est homogène, et le groupe devient hétérogène lorsque α croît.

Ce modèle permet aussi de rendre compte d'une hétérogénéité due à des pertes, soit dans le réseau, soit à cause du type de sol. En effet, ces pertes peuvent être paramétrées par b_i et conduire à un rendement de la forme $r(\frac{V_i}{b_i s_i})$. Le profit va alors s'écrire : $\pi_i = s_i [r(\frac{V_i}{b_i s_i}) - k]$.

Si on modélise ces pertes par un coefficient $b_p = \frac{1}{p^\alpha}$, alors les résultats qui seront définis avec le coefficient α précédent seront aussi valables en posant $\alpha_p = \frac{1}{\sqrt{b_p}} = p^{\frac{\alpha}{2}}$.

Nous avons déterminé les résultats pour deux types d'allocation *ex post* sans mutualisation des profits :

- quand le prix de l'eau w est nul (par exemple lorsque les agriculteurs paient une somme forfaitaire, tel qu'un abonnement) ou bien lorsqu'il est négligeable devant le coût fixe à l'hectare k ;
- quand les agriculteurs paient le prix qui correspond à la valorisation optimale sur l'ensemble du périmètre. Les équations précédentes ont été calculées dans le cas où $n = V = 1000$ et $k = 1$. Le degré d'hétérogénéité α varie de 0 à 0.3. Pour $\alpha = 0.01$, les coefficients a_i varient ainsi dans un rapport de 1 à 1.07 tandis qu'avec $\alpha = 0.3$, le rapport est de 1 à 8. Des algorithmes d'optimisation ont permis de calculer les paramètres β et θ optimaux compte-tenu de l'hétérogénéité du groupe.

La figure (3) montre la surface mise en culture par chaque agriculteur dans un groupe plutôt homogène ($\alpha = 0.05$). On remarque deux groupes bien distincts.

- Un groupe où un agriculteur pivot définit une limite entre ceux qui mettent tout en culture et ceux qui ne mettent rien. L'allocation optimale fait partie de ce groupe, tout comme deux allocations conduisant à un surasselement : l'allocation *ex post* avec taxe optimale et l'allocation *ex post* sans taxe.
- Un groupe où chaque agriculteur met une partie de son champ en culture : l'allocation *ex ante*, celle mixte entre *ex ante* et *ex post* et enfin l'allocation *ex post* avec mutualisation du revenu (du moins pour ce faible niveau d'hétérogénéité).

La figure (4) donne les profits individuels pour le même degré d'hétérogénéité et en prenant en compte une redistribution à parts égales des taxes perçues. L'allocation optimale n'est pas représentée ici ; elle est à l'origine d'un profit de 2.30 pour l'agriculteur 1 jusqu'à un profit de 1 pour l'agriculteur pivot. Sur ce graphique, les courbes des règles *ex ante* et mixte étaient proches et ont été donc confondues. Cette figure permet de donner une idée de l'équité des différentes règles étudiées.

Enfin, la figure (5) présente le ratio entre la valorisation totale pour une règle d'allocation donnée et la valorisation totale pour l'allocation optimale. Nous avons choisi de représenter ce résultat sous forme de ratio car, avec notre modélisation de l'hétérogénéité, la valorisation optimale totale diminue avec l'hétérogénéité du groupe.

Ces calculs montrent que pour un groupe plutôt homogène ($\alpha = 0.05$) l'allocation avec mutualisation du profit n'incite pas à mettre une surface importante en culture (figure 4), puisque les agriculteurs obtiennent le même profit de toute façon. Avec un groupe plus hétérogène, par exemple $\alpha = 0.2$, on retrouve les trois sous-ensembles décrits dans la partie théorique, avec $o = 100$ et $m = 300$. Les cent premiers agriculteurs préfèrent alors limiter leur surface mise en culture, les deux cents suivants mettent tout en culture, et enfin les agriculteurs restants renoncent à semer.

Steiner et Walter (1992) testent une règle de répartition de type *ex ante* et une règle de répartition avec priorité de l'amont vers l'aval, avec un modèle leur permettant de calculer la valeur totale produite sur

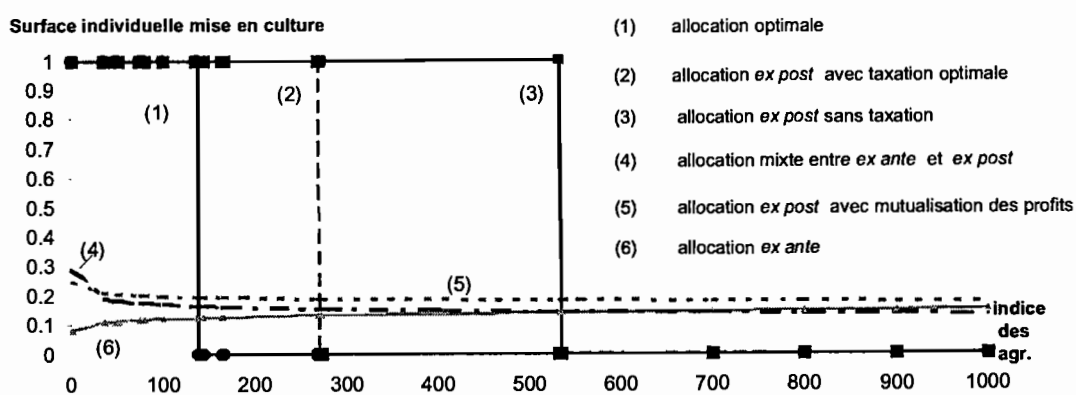


Figure 3 : surfaces mises en culture pour $\alpha = 0.05$ pour les différentes allocations

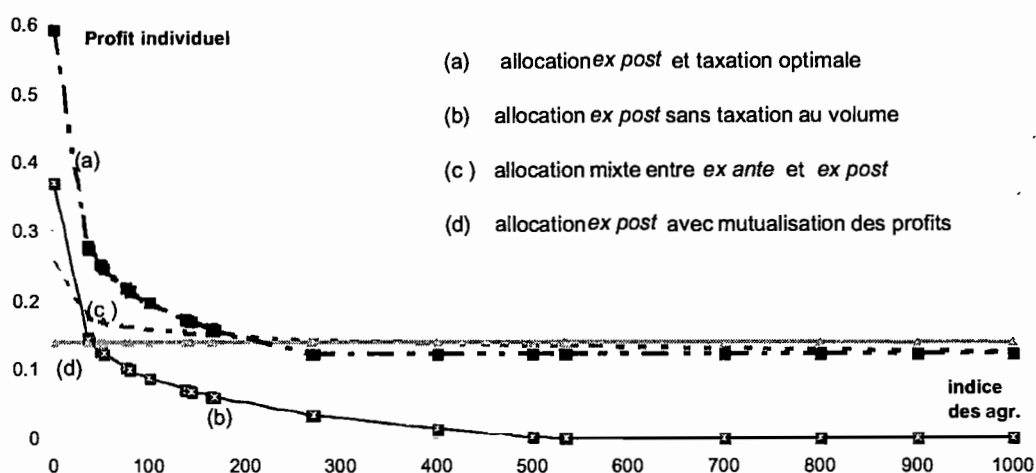


Figure 4: profit individuel (avec éventuelles taxes redistribuées de façon égale) pour $\alpha = 0.05$

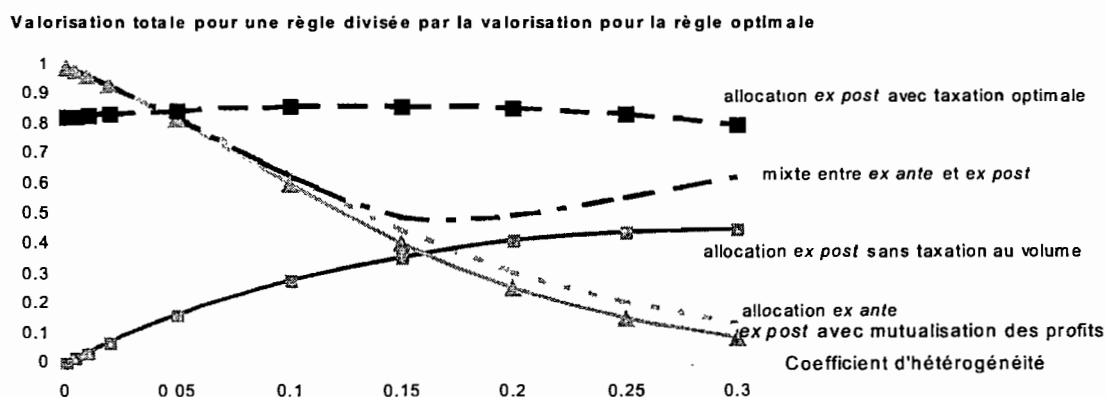


Figure 5: ratio entre valorisation totale pour une règle donnée et valorisation pour l'allocation optimale

le périmètre. Lorsqu'ils simulent différents niveaux de pertes sur le réseau, ils obtiennent que, jusqu'à 80% d'efficacité de distribution moyenne sur le réseau, la règle *ex ante* est meilleure, mais qu'au delà c'est la règle de type *ex post* qui donne une meilleure production. Ce résultat, d'ailleurs assez intuitif, est cohérent avec notre figure (5).

- Proposition 6** Dans le cadre théorique présenté ci-dessus, les résultats suivants ont été montrés.
- En ce qui concerne la valorisation totale de l'eau, plus le groupe est homogène, plus l'allocation *ex ante* est proche de l'allocation optimale et, en revanche, plus le groupe est hétérogène, plus l'allocation *ex post* est proche de l'allocation optimale.
 - Pour un groupe plutôt homogène, les allocations *ex ante*, mixte et *ex post* avec mutualisation sont à peu près équivalentes du point de vue de la surface totale mise en culture et de la valorisation totale.
 - L'allocation mixte entre *ex ante* et *ex post* permet un gain significatif lorsque le groupe est hétérogène.
 - Une allocation *ex post* avec un prix élevé permet de révéler de façon indirecte les caractéristiques des agents et conduit à une valorisation de l'eau assez efficace.
 - Finalement, l'allocation *ex post* avec mutualisation ne donne jamais de meilleurs résultats que l'allocation *ex ante* et, de plus, est techniquement plus difficile à mettre en œuvre.

Si l'analyse avait été faite avec un modèle de simulation des pertes sur le réseau, i.e. une fonction de production de la forme $r(a_i \frac{V_i}{s_i})$, on aurait pu aussi tester une règle d'allocation de type *ex ante* où le Gestionnaire compense les agriculteurs de leur perte. Chaque agriculteur reçoit alors un volume total $V_i = \frac{V}{a_i \sum (\frac{1}{a_j})}$ de telle sorte qu'on ait bien $\sum V_i = V$.

Equité des règles d'allocation

Nous mesurons ici le degré d'équité associé à chaque type d'allocation. Nous calculons l'équité des différentes règles étudiées dans la section précédente pour un groupe homogène ($\alpha = 0.001$) et pour un groupe hétérogène ($\alpha = 0.3$) (fig. 6 et 8).

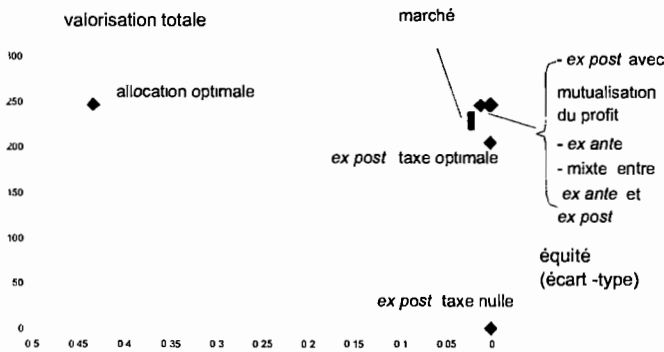


Figure 6: dilemme équité-valorisation de l'eau pour un groupe homogène ($\alpha = 0.001$)

Le marché est symbolisé par une barre, de façon à représenter le fait que le marché peut donner lieu à une valorisation plus ou moins importante de l'eau en fonction de ses coûts de mise en œuvre.

Le dilemme équité-valorisation de l'eau est particulièrement visible dans le cas d'un groupe hétérogène. On remarque que, dans le cas d'un groupe homogène, l'allocation *ex post* avec mutualisation conduit à une bonne valorisation de l'eau.

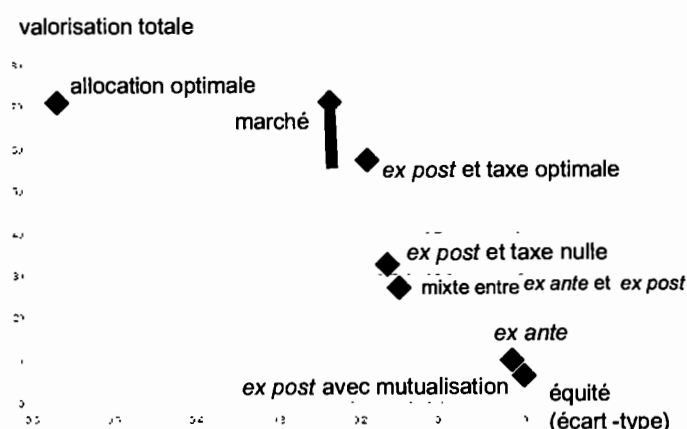


Figure 7: dilemme équité-valorisation de l'eau pour un groupe hétérogène ($\alpha = 0.3$)

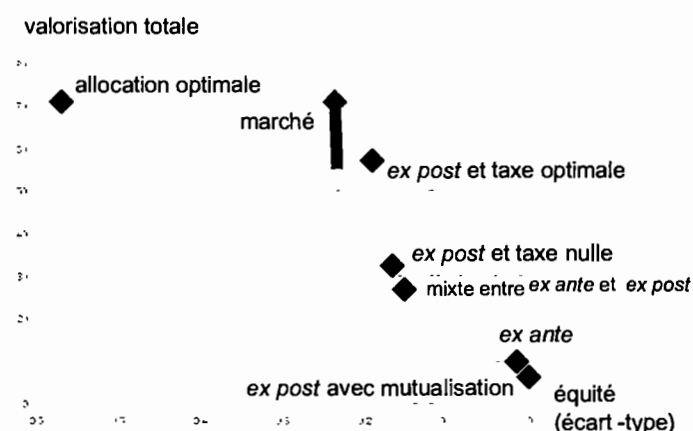


Figure 8: dilemme équité-valorisation de l'eau pour un groupe hétérogène ($\alpha = 0.3$)

Application au périmètre irrigué d'El Melalsa

Le périmètre irrigué d'El Melalsa se situe à une trentaine de kilomètres de Kairouan, dans le centre de la Tunisie. Il distribue de l'eau à partir d'un forage délivrant en moyenne, compte-tenu des pertes de charge, 24 l/s répartis en trois mains d'eau, sur une surface de 160 ha pour 54 exploitants. Le système cultural repose pour l'essentiel sur la culture du blé de début novembre à fin avril, puis du melon l'année suivante de la mi-mars à fin juin, puis du piment associé à la fève de début septembre à la mi-mars (figure 9). Pour le blé, nous distinguerons une période 1 de début novembre à la mi-mars et une période 2 de la mi-mars à la fin avril, période de chevauchement avec le melon.

La source principale d'hétérogénéité est l'existence d'importantes pertes sur plus de la moitié du réseau. Depuis le début du périmètre il y a 8 ans, un tour d'eau est défini entre agriculteurs. Chacun peut irriguer autant qu'il le souhaite lorsqu'il a la main d'eau, et il n'y a pas de contrôle sur les surfaces mises en culture. Dans ce contexte, les agriculteurs ont semé pendant l'année 98-99 61 ha de blé, 21 ha de fève et de 27 ha de melon. Les agriculteurs reconnaissent que même si les pluies avaient été d'ampleur moyenne, une telle surface collective aurait causé un tour d'eau très long en mars 1999, d'au moins 10 jours, et les cultures n'auraient pas été correctement irriguées : on peut parler d'un surasselement. En fait, la quantité de pluie a été faible ce printemps là et les responsables du GIC ont décidé d'attribuer l'eau au cas par cas, ce qui a conduit à une faible équité dans la distribution.

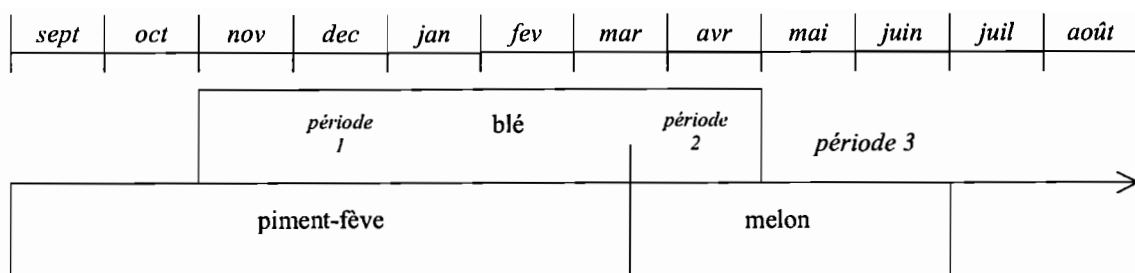


Figure 9: périodes de présence pour les trois principales cultures à El Mesalsa

L'eau est un bien commun au sein du périmètre irrigué : un agriculteur n'a pas de compensation à demander si le Président et l'aiguadier décident de retarder son tour d'eau pour inclure un agriculteur qu'ils considèrent comme prioritaire.

Nous simulons ces choix d'assolement pour déterminer si l'équilibre de Nash associé à la règle utilisée rend compte de l'assolement réalisé. De plus, nous simulons ce que donnerait une règle *ex ante*, avec un quota d'heures par hectare puis une règle de type *ex post* avec un contrôle de la durée du tour d'eau.

Sur les 54 agriculteurs, nous en avons exclu 10 qui possèdent un puits dans ou à proximité du périmètre et qui de fait ne participent pas au tour d'eau. Nous faisons ensuite la distinction entre les agriculteurs qui ont un puits hors du GIC (type A) et ceux qui n'en possèdent pas (type B). De façon générale, les agriculteurs de type A cultivent toujours du maraîchage hors du GIC et devront donc payer de la main d'œuvre s'ils cultivent du maraîchage dans le GIC : ils ne le feront que si les conditions d'accès à l'eau sont bonnes.

Les choix d'agriculteurs sont simulés par un modèle de programmation linéaire en univers certain. Les détails de la simulation sont donnés en annexe 5.

Simulation de différentes règles d'allocation

Tour d'eau avec une durée individuelle d'irrigation libre

Méthode générale

Nous commençons la simulation avec une surface collective en melon, piment-fève et blé qui peut être considérée comme satisfaisante d'un point de vue collectif. La valeur de cet assolement initial a peu d'importance puisque, pour cette simulation effectuée tout du moins, il est apparu qu'il n'existe qu'un assolement d'équilibre.

Cet assolement est utilisé en entrée d'un logiciel de bilan hydrique au pas de temps journalier qui permet de calculer la longueur du tour d'eau nécessaire pour que chaque champ, lorsqu'il obtient l'eau, soit suffisamment irrigué. Cette simulation permet de donner un rendement commun pour tous les champs cultivés avec la même culture : le rendement ne dépend donc plus de la place dans le réseau.

Les quantités d'eau apportées augmentent néanmoins avec la distance au forage, en raison des pertes sur le réseau. Par conséquent, au sein de chacun des types A et B, il existe un groupe d'agriculteurs situés loin du forage qui peuvent décider de ne pas semer de melon en raison d'un coût de l'eau trop important. On donc définir un niveau seuil pour chacun des types, qui les divise en eux sous-groupes : les agriculteurs des sous-types A1 et B1 ont un coefficient de pertes sur le réseau plus faible que le niveau seuil et sèment du melon tandis que le coefficient des sous-types A2 et B2 est supérieur au niveau seuil et ces deux derniers types ne cultivent que du blé et du piment-fève. Ce seuil dépend bien-sûr du rendement des différentes cultures.

Ensuite un agriculteur moyen est calculé pour chacun des sous-types, ce qui permet de simuler la surface mise en culture en melon pour chacun des sous-types (voir annexe 5). On en déduit alors la surface totale mise en culture en melon, qui est dans un deuxième temps comparée à la surface initialement supposée.

Si la surface totale mise en culture en melon par les sous-groupes A1 et B1 est supérieure à la surface supposée initialement, on recommence la simulation avec une surface initiale plus importante. De même, on diminue la surface initiale si A1 et B1 mettent in fine moins en culture que supposé initialement.

Application

Nous commençons avec un assolement de 15 ha de melon et de 71.6 de piment-fève. Le tour d'eau pour le melon est alors court : les rendements sont de 6.6 t/ha pour le piment-fève et de 10.5 t/ha pour le melon. Les seuils de perte se situent alors à 0.15 pour le type B et 0.25 pour le type A : tous les agriculteurs cultivent du melon (voir fig 10).

En fait, les agriculteurs sèment toujours un tiers de leur surface en blé (voir annexe 5) donc l'assolement possible total vérifie la contrainte que la somme des surfaces en melon et en piment-fève vaut 86.6.

Après plusieurs essais, la convergence est atteinte pour une surface en melon de 28 ha. Sur la figure (10) sont rapportées deux étapes "extrêmes" ainsi que l'assolement de convergence. Si la surface totale mise en culture reste constante, le rendement réel du blé dépend évidemment des choix de surface en melon et en piment-fève ; nous ne l'avons pas cependant indiqué car il ne joue pas de rôle déterminant dans le choix de l'assolement.

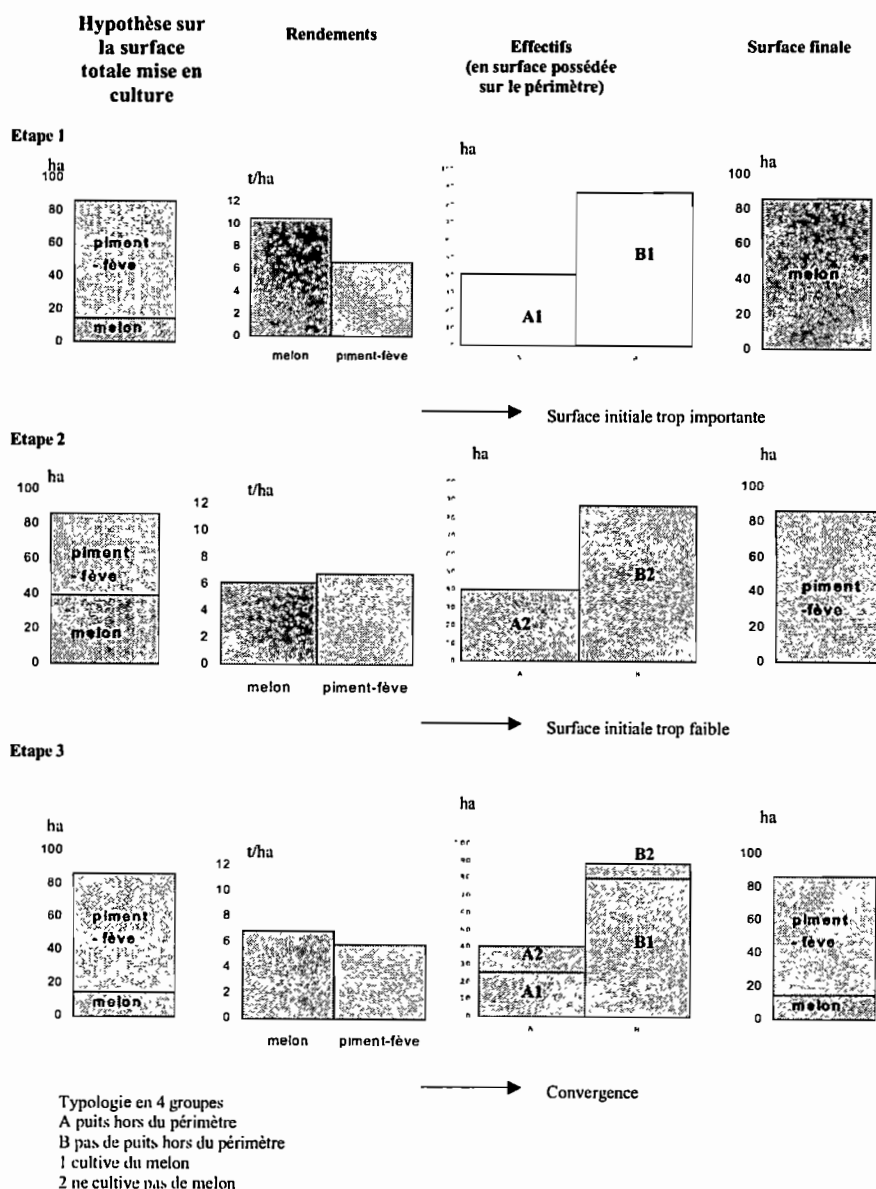


Figure 10 : différentes étapes de simulation pour atteindre l'assolement à l'équilibre

A l'assolement de convergence correspondent des rendements de 5.8 t/ha pour le piment-fève et de 6.9 pour le melon, les volumes apportés étant respectivement de 1288 et 1592 m³/ha. Le seuil est alors de 0.45 pour le type A, c'est-à-dire que le groupe A1 est composé de 9 agriculteurs possédant ensemble une

Tableau 1 : les types d’agriculteurs à El Melalsa, selon les décisions d’assolement à l’équilibre pour la règle ex post avec durée individuelle libre

Type	Nombre d’éléments	SAU moyenne par agricul- teur dans le GIC	Surface totale du type dans le GIC	Surface cultivable hors du GIC	Main d’œuvre	Coefficient moyen de pertes	Volume d’eau disponible hors du GIC (m³/j)
A1	9	2.9	26.1	8	2.3	0.77	346
A2	3	4.8	14.4	12	2.7	0.31	346
B1	26	3.1	80.6	6	1.9	0.75	0
B2	6	1.4	8.4	0.6	2.2	0.28	0

surface dans le périmètre de 26.8 ha. Le niveau seuil est de même 0.45 pour le type B, i.e. le type B1 est composé de 26 agriculteurs représentant une surface totale de 80.6 ha (table 1). De plus, l’agriculteur type A1 moyen a une main d’œuvre de 2.3 et possède 8 ha hors du périmètre : vu le coût de la main d’œuvre, ce type A1 ne met que 0.33 ha en culture de melon dans le périmètre, soit 4.4 ha pour l’ensemble du type.

La figure (10) montre un basculement très brutale du seuil d’une surface initiale à l’autre. Cet effet est dû au fait que la simulation s’est faite avec, à chaque fois, uniquement quatre agriculteurs moyens représentant chacun un sous-type. Le basculement correspond à un changement de base optimale pour un voire deux sous-types ainsi représentés. Il aurait été possible d’obtenir un effet plus progressif en ne simulant pas l’agriculteur moyen, mais en déterminant l’agriculteur pivot, dont le niveau de perte correspond à un changement d’assolement. Cependant, il aurait été nécessaire alors de ne plus calculer des valeurs moyennes sur un type mais de raisonner sur un agriculteur précis ; or les agriculteurs ont en fait, individuellement, des caractéristiques très hétérogènes. Il n’aurait pas été intéressant d’utiliser les caractéristiques particulières des différents agriculteurs potentiellement pivots pour déterminer le seuil.

Si on compare avec les assolements réels, les surfaces totales obtenues sont relativement proches des surfaces réellement mises en culture (figure 11).

Quant au stress hydrique, l’enquête menée nous a permis de mesurer un rapport (rendement réel/rendement potentiel) moyen de 0.26 contre 0.45 simulé. Cette différence vient de l’important manque d’équité dans la distribution de l’eau.

Allocation ex ante

Nous simulons ici ce que seraient les choix des agriculteurs si on décide de maîtriser la longueur du tour d’eau en attribuant à chacun un quota d’heures proportionnel à la surface possédée. Chaque agriculteur fait donc ses choix individuellement, indépendamment des autres. Un des résultats est que tous les agriculteurs cultivent du melon (figure 11).

Allocation ex post selon les surfaces mises en culture

Nous utilisons le même formalisme que pour l’allocation *ex ante* mais ici le volume distribué pendant la période 2 est proportionnel à la surface mise en culture. L’intérêt de cette règle est que la durée du tour d’eau reste contrôlée.

Nous faisons aussi l’hypothèse que le melon doit recevoir une quantité d’eau correspondant à ses besoins (i.e. l’agriculteur va limiter si besoin est sa surface mise en culture en melon), tandis que l’eau éventuellement non utilisée pour l’irrigation du melon en période 2 pourra être utilisée pour irriguer le blé. Nous débutons avec une surface collective de 25 ha semée en melon. A cette surface correspond à un volume distribué par hectare semé en melon $v_{mel} = 3974 \text{ m}^3$. Le coefficient seuil entre ceux qui choisissent de faire du melon et les autres est alors de 0.32 pour les deux types, soit une surface mise en culture en melon de 40 ha. Lorsqu’on débute avec une surface initiale de 32 ha, $v_{mel} = 2484 \text{ m}^3$ et le seuil est de 0.41 pour les deux types. A part un agriculteur dans le groupe B, on obtient en fait la même répartition qu’avec la règle *ex post* sans contrôle de la durée individuelle d’irrigation. Les simulations effectuées sur des agriculteurs moyens donnent 9 ha de melon pour le sous-type A1 et 23 ha de melon pour B1.

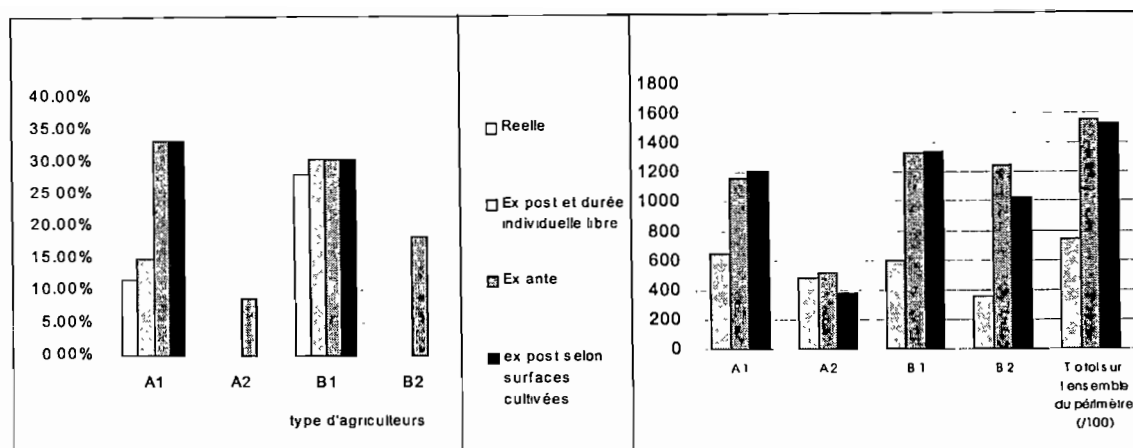


Figure 11 : pour chaque type d'agriculteur, (a) la part du melon sur la surface totale cultivable, (b) le profit à l'hectare issu des cultures du périmètre, pour les différentes allocations

Comparaison

Les règles *ex ante* et *ex post* permettent une bien meilleure valorisation de l'eau, pour tous les types d'agriculteurs (fig. 11).

En fait, la règle *ex post* selon les surfaces mises en culture valorise mieux l'eau que la règle actuelle parce qu'elle rend possible le contrôle de la durée du tour d'eau. Elle valorise aussi l'eau quasiment autant que la règle *ex ante* : si on cherchait à situer cette situation par rapport au cadre théorique présenté ci-dessus et illustré sur la figure (5), le coefficient d'hétérogénéité α serait donc de l'ordre de 0.15. Dans le cadre de l'analyse faite dans la partie théorique, on peut en déduire que l'inégalité résultant des pertes sur le réseau peut être considérée comme moyenne.

Autrement dit : l'inefficacité liée à l'équilibre de Nash de surasselement est du même ordre de grandeur que celle qui serait engendrée si la même quantité d'eau était allouée à tous les agriculteurs quelles que soient leurs places dans le périmètre.

Selon l'un des agriculteurs d'El Melalsa, 25 ha de maraîchage pourraient être mis en culture avec le réseau actuel si l'organisation était bonne. La surface qu'il propose est inférieure aux 32 ha obtenus avec la règle d'allocation *ex post* avec durée individuelle libre, elle-même inférieure à la surface semée en melon avec la règle *ex ante* (fig 11). Cet agriculteur pense qu'avec l'organisation actuelle, il serait nécessaire de limiter à 12 ha la surface mise en cultures maraîchères.

Enfin, l'intégration du risque aurait permis de prendre en compte le fait que les agriculteurs qui ont un puits hors du périmètre peuvent prendre davantage de risque dans le périmètre et ainsi forcer les autres agriculteurs à ne pas semer de cultures maraîchères.

Conclusion

Dans le contexte d'un périmètre irrigué où les agriculteurs valorisent l'eau différemment, on a caractérisé l'allocation optimale en ce qui concerne la valorisation de l'eau. Néanmoins, cette méthode dépend de la connaissance des coefficients de valorisation par le Gestionnaire, ce qui est rarement le cas.

Un marché permet d'atteindre cet optimum sans connaître ces informations. Cependant, même si le coût d'acquisition de l'information va probablement diminuer et ainsi rendre le marché plus facile à mettre en œuvre, dans de nombreux pays le statut de bien collectif attribué à l'eau restera un obstacle. Un mécanisme de révélation peut être utilisé mais il est difficile à mettre en œuvre et les taxes complexes ne sont pas aisément acceptées par les agriculteurs. A notre connaissance, aucun mécanisme de révélation n'est actuellement utilisé pour allouer l'eau d'irrigation. En revanche, il serait très intéressant d'écrire le menu de contrats correspondant à ce mécanisme de révélation, d'après le principe de taxation.

Les règles existantes, *ex ante* ou *ex post*, ont l'avantage de ne pas faire appel à la connaissance des capacités à valoriser l'eau. Selon le degré d'hétérogénéité du groupe, une bonne allocation sera la règle *ex ante* ou *ex post*. Une règle mixte entre les deux précédentes peut donner de bons résultats, en particulier si le groupe est hétérogène. Enfin, une taxe convexe associée à une allocation de type *ex post*, de façon à partager les profits, incite les meilleurs agriculteurs à ne pas valoriser au mieux leur surface.

L'application au périmètre irrigué d'El Melalsa montre que, dans le cadre de l'application d'une règle donnée, l'équilibre de Nash donne une bonne lecture de la résultante des interactions stratégiques entre agriculteurs.

Lorsqu'on laisse les agriculteurs choisir eux-mêmes la règle, il existe un jeu coopératif entre les différents groupes d'agriculteurs en fonction de ce que chaque partie perd ou gagne par type d'allocation. Ainsi, Dayton-Johnson (2000) montre que, plus les associations d'irrigants sont hétérogènes, plus les riches irrigants arrivent à imposer une règle d'allocation proportionnelle à la surface possédée et non égalitaire. Il s'est produit la même chose à El Melalsa. De plus, si l'allocation avec mutualisation ne fait jamais mieux que l'allocation *ex ante*, et elle est plus difficile à mettre en œuvre. Elle profite surtout aux agriculteurs moyens, elle peut donc néanmoins être obtenue à la suite d'une négociation entre irrigants.

Bibliographie

- BAUER C.J., 1997. Bringing water markets down to earth : the political economy of water rights in Chile, 1976-95. *World Development* 25(5).
- BEDOUCHA G., 1984. L'eau, l'ami du puissant. Une communauté oasienne du Sud tunisien. Ed des archives contemporaines. CNRS.
- CHAUDRY M.A., YOUNG R., 1990. Economic Impacts of Alternative Irrigation Water Allocation Institutions: Pakistan's Warabandi System. in *Social Economic and Institutional Issues in IIIrd World Irrigation Management*. R.K. Sampath et R.A. Young (ed.) Boulder: Westview Press.
- DAYTON-JOHNSON J., 2000. Choosing rules to govern the commons: a model with evidence from Mexico. *Journal of Economic Behavior and Organization*, n°42.
- FAYSSE N., 2000. Analyse couplée du fonctionnement technique et social d'un réseau d'irrigation : le cas des Groupements d'Intérêt Collectif sur la nappe de Kairouan en Tunisie. Séminaire d'hydrologie IAHF, 12-13 octobre 2000, Montpellier.
- FAYSSE N., 2001. L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur les choix stratégiques des agriculteurs. Des petits périmètres tunisiens aux prélèvements en rivière dans le bassin de l'Adour. Thèse d'économie, Paris X Nanterre.
- GILLINGHAM M., 1999. Gaining Access to Water: Formal and Working Rules of Indigenous Irrigation Management on Mount Kilimanjaro, Tanzania. *Natural Resources Journal*, vol 39, summer.
- GUESNERIE R., 1995. A contribution to the theory of pure taxation. Cambridge University Press Edition.
- HOWE C., 1990. Equity versus efficiency in Indonesian Irrigation: An economic evaluation of the PASTEN Method. In *Social, Economic and Institutional Issues in Third World Irrigation Management*. Westview Press, Boulder.
- JURRIENS R., MOLLINGA P., 1996. Scarcity by Design : Protective Irrigation in India and Pakistan. *ICID Journal*, vol 45, n°2.
- LARDILLEUX, S., 2000. Fonctionnement de périmètres irrigués à différents stades d'évolution en Tunisie Centrale. Analyse des irrigations par modélisation du bilan hydrique. ENGESS, projet de fin d'étude.
- LE GENTIL A., 1986. Création de périmètres irrigués en Haïti. Rôles du projet et des usagers dans la conception, la réalisation et la gestion des aménagements. In : *Aménagement Hydroagricoles et système de production*. Ed CIRAD/DSA.
- OSTROM E., 1994. *Rules, Games and Common Pool Resources*. University of Michigan Press.
- SCHALGER E., BLOMQUIST W., TANG S.Y., 1994. Mobile flows, Storage, and Self-Organized Institutions for Governing Common-Pool Resources. *Land Economics*, aug , 70(3).
- PLATTEAU J.P., SEKI E., 1998. Coordination and Pooling Arrangement in Japanese Coastal Fisheries. Working Paper. n°208. University of Namur.
- VERMILLON D., GARCES-RESTREPO C., 1996. Results of Management Turnover in Two Irrigation Districts in Colombia. Research Report n°4 IWMI.

Annexes

Annexe 1 Allocation optimale

Le Lagrangien du problème (6) est :

$$\Lambda = \sum s_i (a_i r(\frac{V_i}{s_i}) - k) + (\lambda - w)V - \lambda \sum V_i - \sum \mu_i (s_i - s_m) \quad (13)$$

Une des conditions du premier ordre égalise les valorisations marginales entre agriculteurs :

$$\forall i \quad a_i r'(\frac{V_i}{s_i}) = \lambda.$$

Par conséquent :

$$\forall i \quad v_i^* = r'^{-1}(\frac{\lambda}{a_i}) \quad (14)$$

La fonction r' est décroissante donc r'^{-1} l'est aussi : v_i^* croît avec a_i et donc décroît en i . Nous vérifions que les agriculteurs les plus compétents obtiennent plus d'eau à l'hectare que les autres. De plus, les surfaces individuelles mises en culture vérifient la condition de premier ordre :

$$a_i r(v_i^*) - v_i^* a_i r'(v_i^*) = a_i g(v_i^*) = k + \mu_i \quad (15)$$

Par conséquent, nous pouvons distinguer deux groupes d'agriculteurs :

- ceux pour qui $\mu_i = 0$, donc $s_i < s_m$ et le volume à l'hectare alloué par le Gestionnaire correspond à celui qu'aurait choisi l'agriculteur s'il était seul ;

- ceux pour qui $\mu_i > 0$, donc $s_i = s_m$ et le volume à l'hectare est supérieur à celui qu'apporterait l'agriculteur seul.

D'après l'équation (14), v_i est croissant en a_i , donc la fonction $g(u)$ est croissante. Par conséquent, d'après (15), si $a_i > a_j$ alors $a_i g(v_i^*) > a_j g(v_j^*)$ et $\mu_i > \mu_j$. Puisque $a_1 > a_2 \dots > a_n$, nous avons aussi $\mu_1 > \mu_2 \dots > \mu_n$.

Supposons que l'agriculteur q soit le premier de la liste qui vérifie $\mu_q = 0$, soit : $a_q g(v_q^*) = k$. Alors, pour $i < q$: $s_i = s_m$: tous les agriculteurs plus compétents que lui auront mis toute leur surface en culture.

De même, pour $i > q$, supposons que $s_i > 0$, alors $v_i^* < v_q^*$, d'où $g(v_i^*) > g(v_q^*)$, et $\frac{k}{a_i} > \frac{k}{a_q}$ ce qui donne $a_i < a_q$ ce qui est impossible.

Par conséquent $s_i = 0$ pour $i > q$, ce qui est intuitif : si l'agriculteur q ne met pas tout en culture, *a fortiori* un agriculteur de technicité inférieure ne fera pas mieux sur une partie de sa terre.

Enfin, on a, pour tout i plus petit que q : $a_i r'(\frac{V_i}{s_m}) = \lambda$ soit $V_i = s_m (r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})$. D'où : $V = s_m \sum_{i=1}^q (r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})$ ce qui donne une fonction implicite $\lambda(q)$.

Annexe 2 Optimalité du marché

Supposons un marché entre les agriculteurs. Ils échangent des volumes d'eau au prix unitaire p et le programme individuel est alors :

$$\underset{s_i \leq s_m}{Max} \pi_i = s_i \left[a_i r(\frac{V_i}{s_i}) - k \right] - p V_i$$

Au premier ordre en s_i :

$$a_i r'(\frac{V_i}{s_i}) = p$$

Au premier ordre en V_i :

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial s} = a_i r(\frac{V_i}{s_i}) - a_i \frac{V_i}{s_i} r'(\frac{V_i}{s_i}) = k + \mu_i$$

On retrouve respectivement les équations (14) et (15). Si on ajoute la contrainte totale sur le volume, la résolution est identique à celle effectuée pour l'allocation optimale : on retrouve l'optimum de valorisation de l'eau.

De plus, le prix p est le multiplicateur de Lagranges λ de l'allocation optimale.

Annexe 3 Mécanisme de révélation

Condition d'incitation

Le profit d'un agriculteur de capacité à valoriser l'eau a_i et qui annonce $\tilde{a}_i$ est :

$$\begin{aligned}
\pi(a_i, \tilde{a}_i) &= s_i \left(a_i r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{\tilde{a}_i})) - k \right) - s_i \left(\tilde{a}_i r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{\tilde{a}_i})) - \int_{a_q}^{\tilde{a}_i} r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{u})) h(u) du \right) \\
&= \pi(a_i, a_i) + s_i \left[\int_{a_i}^{\tilde{a}_i} r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{u})) h(u) du - (\tilde{a}_i - a_i) r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{\tilde{a}_i})) \right] \\
&= \pi(a_i, a_i) + s_i \int_{a_i}^{\tilde{a}_i} \left(r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{u})) - r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{\tilde{a}_i})) \right) h(u) du
\end{aligned}$$

La fonction $r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{u}))$ est croissante en u donc $\pi(a_i, \tilde{a}_i) \leq \pi(a_i, a_i)$.

Contrainte de rationalité

Le profit est une fonction croissante de a_i et $\pi(a_q) = 0$: chaque agriculteur de coefficient meilleur que celui de l'agriculteur pivot q mettra tout en culture.

On montre aussi que la fonction $t(a_i)$ est une fonction croissante de a_i :

$$\frac{\partial t}{\partial a_i} = s_i \left[r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})) + a_i \frac{-\lambda}{a_i^2} ((r')^{-1})'(\frac{\lambda}{a_i}) r'((r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})) - r((r')^{-1}(\frac{\lambda}{a_i})) \right]$$

Or le terme $((r')^{-1})'$ est négatif donc $\frac{\partial t}{\partial a_i} \geq 0$. De même, V est une fonction croissante de a_i , ce qui justifie la forme de la courbe dessinée sur la figure (2).

Annexe 4 Allocations *ex post* avec et sans mutualisation des profits

Allocation *ex post* sans mutualisation du profit

Soit $z(x) = a_i r(\frac{V}{x s_m}) - k - w$ une fonction décroissante en x . La surface totale mise en culture est donnée par l'indice de seuil $p(w)$ tel que : $z(p(w)) = 0$. Supposons que $w < v_q a_q r'(v_q)$, où q est l'agriculteur pivot pour l'allocation optimale. Puisque le volume par hectare décroît en i pour l'allocation optimale : $\frac{V}{q s_m} > v_q$. Donc :

$$z(q) > a_q r(v_q) - k - w = v_q a_q r'(v_q) - w > 0$$

Par conséquent $p > q$ et il y a au moins un surasselement pour $w < v_q a_q r'(v_q)$.

De plus, la valorisation totale est : $W_{expost} = s_m \sum_1^{p(w)} (a_i r(\frac{V}{p s_m}) - k)$

Par conséquent, à l'optimum :

$$\frac{dW_{expost}}{dw} = \frac{dw}{dp} s_m \left[\sum \left(a_i \frac{-V}{p_{opt}^2 s_m} r'(\frac{V}{p_{opt} s_m}) \right) + \left(a_{p_{opt}} r(\frac{V}{p_{opt} s_m}) - k \right) \right] = 0 \quad (16)$$

Cette relation donne l'équation de définition de la partie principale.

Allocation *ex post* avec mutualisation des revenus

D'après la description des trois groupes d'agriculteurs faite dans la partie principale, la surface totale mise en culture est :

$$S(\theta) = \frac{1}{2\theta} \sum_{i=1}^{o(\theta)} \frac{1}{a_i r(\frac{V}{S}) - k} + s_m (m(\theta) - o(\theta)) \quad (17)$$

On remarque que $S(\theta) < s_m m$, donc $m > p(0)$, l'agriculteur pivot pour la règle d'allocation *ex post* sans taxe. D'autre part, puisque l'ensemble des cotisations s'annulent, la valorisation totale est :

$$W_{mut} = \frac{o(\theta)}{2\theta} + s_m \sum_{o(\theta)}^{m(\theta)} \left(a_i r(\frac{V}{S(\theta)}) - k \right)$$

Si on cherche le θ optimal :

$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = -\frac{o(\theta)}{\theta^2} + s_m \sum_{o(\theta)}^{m(\theta)} a_i \frac{-V}{S^2} r'(\frac{V}{S}) \frac{dS}{d\theta} = 0$$

On obtient ainsi la relation caractérisant S à θ optimal donné :

$$\frac{o(\theta)}{\theta^2} = s_m \frac{-V}{S^2} r'(\frac{V}{S}) \frac{dS}{d\theta} \sum_{o(\theta)}^{m(\theta)} a_i$$

On obtient bien une fonction $S^*(\theta)$, la dérivée $\frac{dS}{d\theta}$ étant calculée à partir de l'équation (17).

Annexe 5 Le modèle de décisions d'assolement à El Melalsa

Les choix des agriculteurs sont simulés avec des modèles de programmation linéaire dans un contexte déterministe. Deux modèles légèrement différents sont construits pour les règles *ex post* et *ex ante*.

Nous considérons que le piment suivi par la fève constitue une seule culture. Parce que le prix réel de l'eau est élevé en fin de réseau et parce que les cultures se chevauchent, nous prenons en compte le fait que l'agriculteur peut délibérément décider de ne pas irriguer autant que nécessaire le blé et la fève. Nous considérons qu'il mettra toujours suffisamment peu de melon pour lui assurer une absence de stress. Pour les agriculteurs disposant d'eau hors du périmètre, nous estimons qu'il est toujours profitable d'irriguer correctement la fève hors du périmètre puisque le coût d'exhaure de l'eau de puits est moins élevé et, d'après nos observations de terrain, les agriculteurs peuvent toujours décider de ne pas irriguer leur blé suffisamment en cas de contraintes sur l'eau.

Les caractéristiques de l'agriculteur sont : sa surface dans (SAU) et hors (SAUH) du périmètre, le coefficient de perte moyen sur l'ensemble de ses parcelles a ($a = 1$ si il n'y a pas de pertes et a diminue lorsque les pertes augmentent), la main d'œuvre familiale (MO) et un éventuel volume journalier disponible hors du périmètre par un puits (V_{jh}).

Les variables de décision sont : les surfaces dans le périmètre en blé, piment-fève et melon (S_{ble} , S_{pfe} , S_{mel}), hors du périmètre (S_{bleh} , S_{pfeh} , S_{melh}), les volumes totaux affectés au blé en période 1 et 2 (V_{ble1} , V_{ble2}), au piment-fève (V_{pfe}), et de même hors du périmètre (V_{bleh1} , V_{bleh2}), et enfin la possibilité de louer de la main d'œuvre en mars ($Locmoms$) et en juin ($Locmojn$).

Les contraintes communes aux deux modèles sont :

- la limitation de surface dans le périmètre : $S_{ble} + S_{pfe} + S_{mel} \leq SAU$ et de même hors du périmètre $S_{bleh} + S_{pfeh} + S_{melh} \leq SAUH$;

- l'impossibilité de semer du melon sur la même parcelle plus d'une année sur trois :

$S_{mel} \leq \frac{SAU}{3}$ et de même hors du périmètre ;

- la contrainte en main d'œuvre en mars et en juin ;

- l'obligation de semer du blé au moins une année sur trois : $S_{ble} \geq \frac{SAU}{3}$ et de même hors du périmètre.

La dernière contrainte correspond au fait que les agriculteurs cultivent du blé par tradition, avec une auto-consommation importante ; les agriculteurs cultivent aussi du blé pour limiter la prise de risque puisque, même si l'agriculteur décide de ne pas l'irriguer et de s'en remettre à la pluie, cette culture nécessite un faible investissement initial.

Lorsqu'un agriculteur pourra choisir le volume apporté à l'ensemble de la surface cultivée, on part de l'équation très approximative suivante :

$$r = r_m \left[1 - ky \left(1 - \frac{aV + s.pluie}{s\Sigma ETM} \right) \right]$$

où r est le rendement réel, r_m est le rendement maximal, ky le coefficient de stress hydrique, V le volume apporté et s la surface choisie. Enfin, ΣETM représente l'évapotranspiration maximale totale sur la période de culture considérée. Si P est le prix de la culture, CV les charges variables, Pe le prix de l'eau alors le profit réalisé avec la culture est :

$$\begin{aligned} \pi &= (P.r - CV)s - PeV \\ &= \left(P.r_m \left[1 - ky \left(1 - \frac{pluie}{\Sigma ETM} \right) \right] - CV \right) s + \left(aP.r_m \cdot \frac{ky}{\Sigma ETM} - Pe \right) V \\ &= \alpha.s + (a\beta - Pe).V \end{aligned}$$

avec $\alpha = P.r_m \left[1 - ky \left(1 - \frac{pluie}{\Sigma ETM} \right) - CV \right]$ et $\beta = P.r_m \cdot \frac{ky}{\Sigma ETM}$

Dans le cas du blé, nous utiliserons $r = r_m \left[1 - ky \left(1 - \frac{V_{ble1} + V_{ble2} + pluie}{s\Sigma ETM} \right) \right]$ soit une marge brute tirée de cette culture :

$$\pi_{ble} = (P.r_m (1 - ky (1 - \frac{pluie}{\Sigma ETM})) - CV) S_{ble} + (P.r_m \cdot \frac{ky}{\Sigma ETM} - Pe) V_{ble1} + (P.r_m \cdot \frac{ky}{\Sigma ETM} - Pe) V_{ble2}$$

De même, pour le melon : $\pi_{mel} = (P.r_m - CV) S_{mel} - Pe \cdot \frac{\Sigma ETM - pluie}{a}$

Il faut aussi vérifier qu'à chaque pas de temps le volume apporté est inférieur au besoin compte tenu des pertes :

Tableau 2 : principaux coefficients utilisés pour la simulation sur le GIC d'El Melalsa

Culture	Période	Ky	Récolte max. (T)	ETM totale (mm)	Pluie (mm)	Besoins totaux en irrigation (m³)	Besoin d'irrigation par période (m³)	Prix de la culture (DT/T)	Charges (DT/ha)	α	β	Revenu si la culture est suffisamment irriguée (DT/ha)
Blé	1	1.05	4	2770	900	4110	1870	285	200	81.42	0.43	1686
	2			2960	720		2240					
Piment		1	7	4059	1480	2579	1900	280	800	-85.34	0.43	1160
fève							0					
Melon	2		15	829	720	4650	1000	250	1000	2570		2570
	3			3900	250		3650					

$$\begin{cases} -\Sigma ETM.S_{pfe} + aV_{pfe} \leq pluie_{pfe} \\ -\Sigma ETM.S_{ble} + aV_{ble1} \leq pluie1 \\ -\Sigma ETM.S_{ble} + aV_{ble2} \leq pluie2 \end{cases}$$

Le melon nécessite 550 m³ en plus en début de période 2 car nous prenons en compte une irrigation de semis. Le prix de l'eau est de 0.041 DT/m³ dans le périmètre et le coût d'exhaure de l'eau d'un puits vaut 0.02 DT/m³. Enfin, les marges brutes hors du périmètre sont pour la fève de 1288 DT et pour le melon de 2663 DT. En ce qui concerne la ressource collective, la pompe fonctionne 10 heures par jour du 1^{er} septembre au 15 mars et 20 heures pendant l'autre partie de l'année.

Lors des différentes simulations effectuées, le blé n'est jamais financièrement intéressant, il est donc cultivé à son niveau minimal, i.e. une surface totale de 43.35 ha ; c'est-à-dire que les autres cultures sont situées sur un segment $S_{mel} + S_{pfe} = 86.65$ ha.

Compléments pour la règle avec durée individuelle libre

Un logiciel de bilan hydrique, Bilhy, a été conçu sous Excel. Il permet, compte-tenu d'une règle donnée de distribution de l'eau, d'établir un bilan hydrique pour chaque champ et donc d'estimer les rendements liés à des stress hydriques (Lardilleux, 2000). Ce logiciel utilise une année pluviométrique médiane à la fois pour les saisons d'hiver et d'été.

A un jour donné, les besoins en eau pour chaque plante sont satisfaits. Le tableur calcule le temps nécessaire pour irriguer selon les besoins des plantes toute la surface du périmètre en fonction du débit journalier : l'irrigation des surfaces n'est ensuite recommencée qu'au bout de cette durée. On recrée ainsi une évolution de la longueur du tour d'eau en fonction de la surface mise en culture et de la pluviométrie (fig. 12). Enfin, Bilhy calcule le rendement associé à chaque culture i par le biais de la formule suivante :

$$r = r_m[1 - ky_i(1 - \frac{\Sigma ETR}{\Sigma ETM})]$$

Tous les agriculteurs du périmètre obtiendront ce rendement ; néanmoins, les agriculteurs prennent en compte les pertes sur le réseau lorsque, à un tour d'eau donné, ils irriguent de façon à remplir le réservoir sol. Les factures d'eau payées au GIC différeront donc suivant la place de l'agriculteur sur le réseau.

Nous avons aussi utilisé les éléments suivants.

- Le tour d'eau est au minimum d'une semaine.
- Les agriculteurs n'apportent que 50% du maximum entre le réservoir de surface et le réservoir racinaire pour le blé et le piment-fève, ceci pour prendre en compte le fait que, même si les agriculteurs ont des stratégies d'irrigation différentes, ils n'irriguent jamais le piment-fève et le blé au maximum de leurs besoins, comme le montrent les bilans hydriques effectués.
- Pour 130 ha mis en culture, le taux de perte moyen en prenant en compte les pannes chroniques de la pompe est de 50%.

Compléments pour la règle *ex ante*

Soit V_{j1} et V_{j2} les volumes quotidiennement délivrés par la pompe pendant les périodes 1 et 2. Soit aussi $V_{jh} = 346m^3$ le volume d'exhaure quotidien à partir d'un puits.

durée du tour d'eau, pour l'assolement tenant compte des pertes à El Melisa en 98-99 et pluviométrie 98-99

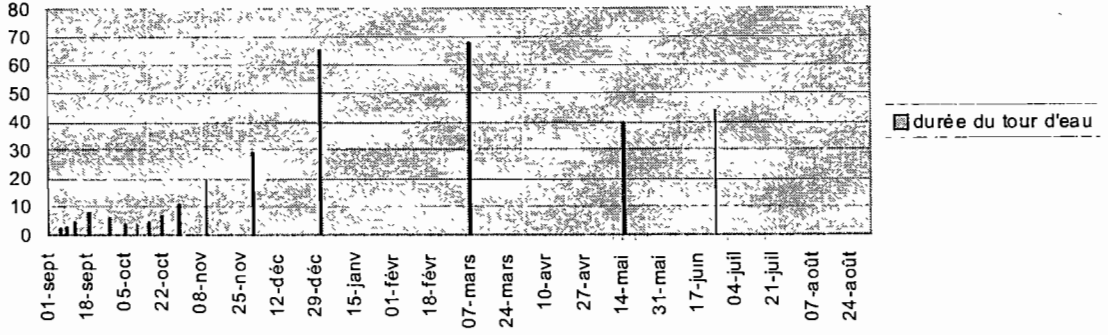


Figure 12 : simulation de l'évolution de la longueur du tour d'eau pour la règle de durée individuelle d'irrigation libre avec assolement et pluie de l'année 98-99 pour El Melisa

Chaque agriculteur peut irriguer jusqu'à un volume de $V_j \cdot \frac{SAU}{\Sigma SAU}$ par jour. Par conséquent, avec $n_{per1} = 135$ et $n_{per2} = 46$ les durées respectives des périodes 1 et 2, les nouvelles contraintes sont en période 1 :

$$\begin{cases} V_{ble1} + V_{pfe} \leq V_{j1} \cdot \frac{SAU}{\Sigma SAU} \cdot n_{per1} \\ \text{et à l'extérieur } 1870S_{pfe} + V_{bleh1} \leq V_{jh} n_{per1} \end{cases}$$

De la même façon, en période 2 :

$$\begin{cases} \frac{\Sigma ETM - pluie}{\Sigma ETM - pluie} S_{mel} + V_{ble2} \leq V_{j2} \cdot \frac{SAU}{\Sigma SAU} \cdot n_{per2} \\ \frac{\Sigma ETM - pluie}{a} S_{mel} + V_{bleh2} \leq V_{jh} \cdot n_{per2} \end{cases}$$

Compléments pour la règle *ex post* proportionnelle aux surfaces mises en culture

Chaque agriculteur reçoit pendant la période 2 un volume total proportionnel à la surface qu'il a mise en culture en melon S_{mel} , soit $V = n_{per2} \frac{S_{mel} V_j}{S_{totmel}}$ où V_j représente le volume quotidien délivré par la pompe, ici $1728 \text{ m}^3/\text{j}$, et S_{totmel} la surface totale mise en culture en melon. Puisque le melon nécessite 1000 m^3 pendant la période 2, l'équation représentant les besoins en melon pendant la période 2 devient alors : $1000 \cdot S_{mel} + V_{ble2} < \mu a \cdot S_{mel}$ soit $(1000 - \mu a) \cdot S_{mel} + V_{ble2} < 0$.

Transitions institutionnelles et agricoles dans les périmètres irrigués du pôle Petrolina-Juazeiro (Brésil)

D'une logique sociale vers une logique managériale

Raphaëlle DUCROT*, Pierre-Yves LE GAL*, Sylvie MORARDET**, Caroline JEHAN, Erwyn DE NYS***

*Cirad-Tera, TA 60/15 73, rue Jean-François Breton, 34 398 Montpellier cedex 5, France

** Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

*** Katholieke Universiteit, Leuven, Belgique

Résumé – Mis en place dans les années 60 dans un objectif de lutte contre l'exode rural et la pauvreté, les périmètres publics irrigués du Nordeste brésilien (pôle de Petrolina-Juazeiro) connaissent depuis 1985 une évolution de leur mode de gestion (transfert aux usagers, désengagement financier de l'Etat) et des systèmes de production (développement d'entreprises agricoles et de l'arboriculture fruitière). Malgré des conditions naturelles et institutionnelles favorables, ces périmètres rencontrent des difficultés de recouvrement des factures d'eau auprès des producteurs. Les comportements des irrigants en matière de paiement des factures d'eau s'expliquent par les conditions dans lesquelles ils ont effectué leur transition vers l'arboriculture fruitière. Les difficultés financières individuelles des petites exploitations familiales, qui peuvent aboutir à l'abandon de l'agriculture irriguée, ont des conséquences collectives : diminution de la maintenance des ouvrages, dégradation du service de l'eau, tensions entre irrigants et gestionnaires. Pour concilier l'objectif social initial des périmètres irrigués avec une logique économique plus libérale, on propose de développer les capacités managériales des agriculteurs, des gestionnaires et de l'environnement des exploitations (crédit, commercialisation). Ceci implique une évolution des démarches de conseil vers l'aide à la gestion stratégique. Plusieurs outils sont proposés en ce sens.

Abstract – **Institutional and agricultural transitions in irrigation schemes of the Petrolina-Juazeiro pole (Brazil).** In most semi-arid countries with permanent rivers, irrigation has been viewed as a strategic way to enhance the regional economic and social development. Most of the irrigation schemes initially relied on a strong State support but they have been facing important economic and institutional changes during the last ten years. The management of these schemes has been transferred to water users while the need for more economic efficiency has led to changes towards high value crop systems such as perennial fruit trees. How do the stakeholders involved in the management of irrigated schemes deal with the evolution of their mode of co-ordination in this context? The strategies of small farmers in the irrigated schemes of the Petrolina-Juazeiro irrigation centre in the São Francisco valley of Brazil have been analysed. The difficulties faced by these small farmers to manage the transition from horticultural crop systems to perennial fruit trees have been studied. Consequences of their strategies on the collective level of the managing unit of the perimeter are then discussed.

Introduction

Dans les régions semi-arides, l'irrigation a souvent été considérée comme un levier d'intervention pertinent pour permettre le développement d'une agriculture productive, l'accroissement des revenus agricoles et favoriser le développement économique régional. Dans les zones sans tradition d'irrigation comme le delta du fleuve Sénégal ou le Nordeste du Brésil, la mise en place des infrastructures hydrauliques dans les années 60-70 s'est appuyée sur d'importants investissements publics, leur gestion étant confiée à des sociétés parapubliques centralisées assumant de multiples fonctions : service de l'eau proprement dit, approvisionnement en intrants et crédit, organisation de la commercialisation, conseils aux producteurs (Le Gal et Dia, 1991).

Cette phase de mise en place des périmètres irrigués a cherché en général à combiner une certaine logique sociale, avec l'installation d'exploitations familiales de petite taille sans accès à l'eau, à une logique économique de rentabilité des investissements. Le modèle organisationnel adopté s'est révélé relativement performant dans une dynamique d'extension des surfaces aménagées et d'apprentissage des techniques d'irrigation par les agriculteurs.

Mais dans le contexte d'ajustement structurel et d'instabilité des marchés agricoles prévalant depuis vingt ans, le rôle de l'Etat dans le secteur agricole a été fortement remis en cause et un transfert vers le secteur privé de nombreuses fonctions économiques a été opéré. Ces réformes ont directement affecté les périmètres irrigués, dont la gestion a été transférée, pour tout ou partie, à leurs usagers. Face au constat des faibles performances techniques et économiques sous gestion publique (Deveze, 1992 ; Merrey, 1997), ce processus a visé à réduire les dépenses publiques, à résoudre les conflits entre usagers et à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Vermillion, 1992). A cet effet, les modèles de gestion mis en place ont souvent accordé une attention particulière à la valorisation économique de l'eau, à travers la mise en place d'une tarification reflétant au mieux les coûts de l'eau, dans des périmètres où l'accès à la ressource avait été jusqu'ici largement subventionné.

Ces évolutions se sont traduites au plan fonctionnel par une modification des relations qu'entretiennent gestionnaires des périmètres et agriculteurs autour du service de l'eau, que les périmètres soient gérés par des professionnels placés sous la responsabilité des usagers comme au Brésil, ou directement par des associations paysannes comme au Sénégal. La pression économique aidant, avec la fin des subventions publiques et la libéralisation des marchés, des tensions sont apparues entre gestionnaires et agriculteurs concernant l'adéquation entre l'offre et les demandes en eau, d'une part, la facturation et le paiement de la redevance hydraulique, d'autre part (Le Gal et al., 2000). Des défauts de paiement de la redevance apparaissent de plus en plus fréquemment, entraînant en retour des déséquilibres budgétaires au niveau du gestionnaire. Ceux-ci l'amènent à réduire ses dépenses d'entretien des infrastructures hydrauliques, avec des risques à terme de rupture de service et de nouvelles tensions sur l'utilisation de la ressource en eau.

A travers l'analyse du paiement de la redevance sur deux périmètres irrigués de la vallée du fleuve São Francisco au Brésil, nous illustrons comment ce processus de transfert et cette évolution d'une logique sociale vers une logique économique se sont traduits par une dégradation des relations entre gestionnaire des périmètres et producteurs, dans un contexte pourtant *a priori* favorable. Nous avançons l'hypothèse que les problèmes rencontrés proviennent en grande partie d'un déficit de stratégies et de compétences managériales, dont la résolution passe par un accompagnement adapté du processus de transfert.

D'une logique sociale d'aménagement vers une logique de rentabilité économique

Les périmètres étudiés (Mandacarú et Maniçoba) se situent dans le pôle d'irrigation de Petrolina-Juazeiro au cœur du polygone de la sécheresse dans le Sertão brésilien (figure 1). La région est semi-aride, caractérisée par des précipitations annuelles de 400 à 450 mm, réparties de façon très aléatoire sur 1 à 3 mois entre novembre et avril, pour une évapo-transpiration potentielle supérieure à 2 000 mm. L'irrégularité de la pluviométrie rend très incertaine les cultures pluviales même pour des spéculations adaptées à la sécheresse. Mais c'est aussi la région la plus pauvre et la plus rurale du Brésil, et ce sous-développement alimente d'importants courants migratoires vers les bidonvilles des grandes métropoles de la côte et du sud-est industrialisés.

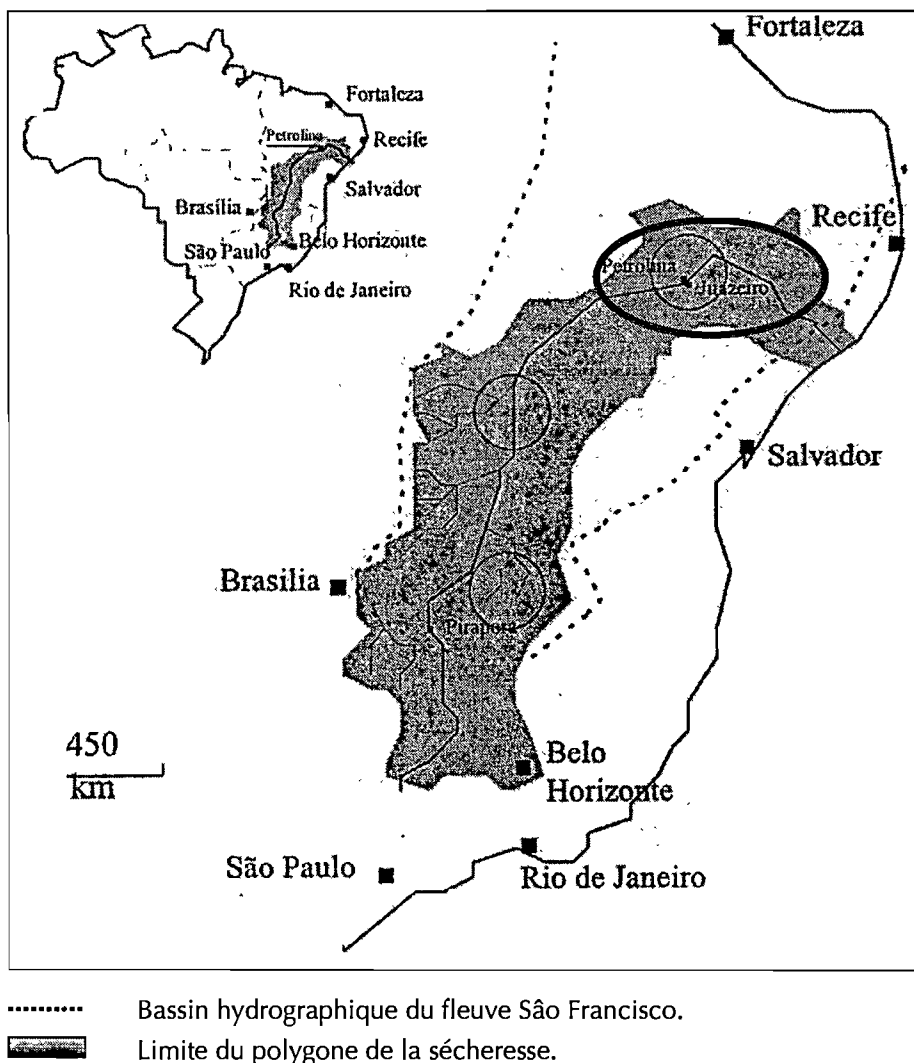


Figure 1. Situation du pôle d'irrigation de Petrolina-Juazeiro dans le Nordeste brésilien (source Marinozzi, 2000).

Cette région dispose pourtant d'un important potentiel hydrologique sous la forme du fleuve São Francisco, qui représente, avec un débit annuel moyen de 2 980 m³/s, 70 % des écoulements superficiels de la région. Jusque dans les années 60, les aménagements de ce fleuve visaient essentiellement à développer l'industrie hydroélectrique et l'agriculture reposait principalement sur des systèmes d'élevage extensif, contrôlés par de grands propriétaires terriens.

A partir des années 60, l'Etat fédéral impulse le développement de l'irrigation en vue de lutter contre la pauvreté et le sous-développement, de freiner l'exode vers les villes et de promouvoir une agriculture intensive et productive. Dans ce but, il investit, à travers l'actuelle Codevasf (Compagnie de développement de la vallée du fleuve São Francisco), dans le développement d'aménagements hydroagricoles collectifs. A l'origine, les projets-pilote sont développés dans le cadre d'une logique sociale affichée, puisqu'ils sont destinés à l'installation de petits producteurs familiaux ou *colons* sur des lots de 5 à 10 ha de superficie irrigable. Les assolements sont réservés aux productions annuelles vivrières telles que le riz ou le haricot, en vue d'assurer l'approvisionnement des marchés intérieurs du Nordeste. Néanmoins, dès le début des années 70, les producteurs s'orientent vers des cultures maraîchères plus rémunératrices, comme l'oignon, la pastèque et le melon, à destination des marchés régionaux. La gestion de ces périmètres et l'appui aux producteurs sont alors assurés par l'Etat à travers les superintendances régionales de la Codevasf, et cette agriculture irriguée reste largement subventionnée.

Face aux difficultés économiques que le Brésil traverse dans les années 80, l'Etat prend certaines mesures visant une meilleure prise en considération des facteurs économiques liés au fonctionnement des périmètres irrigués.

Le transfert de gestion des périmètres

A partir de 1985, la Codevasf cherche à réduire ses coûts de fonctionnement, en transférant la gestion des périmètres aux usagers. La formule adoptée, inspirée du modèle des districts nord-américains, articule une professionnalisation de la gestion à un contrôle par les usagers. Par rapport à d'autres situations, en particulier africaine, cette évolution institutionnelle se distingue par (i) le caractère progressif du transfert, instaurant une phase de co-gestion entre l'Etat et les usagers avant une émancipation totale ; (ii) une incitation à l'appropriation des lots par les producteurs et (iii) le statut public de l'infrastructure collective, qui reste propriété de l'Etat.

La couverture des coûts

Dès 1984, une tarification est mise en place par décret, afin de couvrir les coûts engendrés par le service de l'eau. Le tarif se décompose en deux parties, K1 et K2. La partie K1 qui correspond à l'amortissement des investissements publics, est fixée par décret ministériel, facturée en fonction de la superficie irrigable et perçue par l'Etat via la Codevasf. La partie K2 correspond aux coûts de fonctionnement du gestionnaire (opération, maintenance et frais généraux). Elle a pendant un temps été fixée par la Codevasf, qui subventionnait une partie des dépenses pour garantir la bonne qualité du service rendu par les districts. Actuellement, ceux-ci font leurs propres choix, tant en termes de structure de tarification que de montants, la tendance allant vers un tarif binôme comprenant une partie fixe basée sur la surface irrigable et une partie variable sur le volume consommé (De Nys, 1999). Les subventions de la Codevasf tendant à diminuer, voire à disparaître sur les périmètres émancipés, cette évolution s'est traduite par un alourdissement de la facture d'eau pour les agriculteurs.

Le développement des entreprises agricoles et de la fruiticulture

Parallèlement, les périmètres nouvellement créés se sont ouverts au secteur privé : l'installation de petites et moyennes entreprises agricoles (Pme) aux côtés des colons a été encouragée. Celles-ci orientent leurs activités vers des productions à forte valeur ajoutée, destinées aux marchés urbains nationaux ou internationaux, comme la mangue et le raisin de table. Cette dynamique se traduit par le développement de filières de commercialisation organisées et une augmentation rapide des superficies de vergers dans les périmètres de la région. En moins de 10 ans, les superficies plantées sont ainsi passées de 10 000 ha à 85 000 ha (Marinnozi, 2000). Les 37 000 ha irrigués des périmètres publics du pôle de Petrolina-Juazeiro fournissent désormais 80 % des exportations de raisin de table et 70 % des exportations de mangue du Brésil.

Dans le même temps, dans un contexte de forte instabilité économique, les colons faisaient face à une diminution des prix des productions maraîchères due à une concurrence accrue sur le marché (elle-même liée au développement des périmètres irrigués publics et privés), et à des baisses de rendement du fait d'attaques parasitaires.

Profitant de la dynamique impulsée par les entreprises agricoles, et grâce au soutien financier de la Banque mondiale, les colons se sont à leur tour engagés dans la transition vers la fruiticulture à partir de 1989. Leurs superficies en vergers ont été multipliées par 5 entre 1991 et 1997, pour atteindre près de 60 % des superficies en fruiticulture des périmètres publics et 68 % des superficies irriguées attribuées aux colons. Les spéculations introduites sont très diversifiées : mangue, banane, coco, goyave, papaye, maracuja, raisin (Marinnozi *et al.*, 1999).

Les deux périmètres étudiés sont caractéristiques de ces évolutions : le périmètre de Mandacarú, de petite taille (420 ha irrigables), est l'un des premiers construits, dans les années 60. Il est exploité uniquement par des colons (au nombre de 63), qui produisent principalement des cultures maraîchères (oignon, melon, haricot, tomate industrielle) sur des superficies irrigables de 4 à 12 ha. Depuis 1995, les activités du périmètre évoluent lentement vers l'arboriculture fruitière qui représente actuellement 30 % des superficies cultivées (figure 2). L'irrigation est assurée à partir d'une station de pompage et d'une distribution gravitaire. C'est l'un des premiers périmètres à avoir été émancipé, en 1989, suite à la création d'une coopérative mixte assurant tant les fonctions de service de l'eau que de commercialisation des intrants et des produits.

Le périmètre de Maniçoba (4 317 ha irrigables), créé en 1981, est un périmètre mixte de deuxième génération : il est composé d'une zone réservée aux *colons* et d'une zone réservée aux entreprises. La première regroupe 318 exploitations d'une superficie irrigable de 5 à 12 ha. Dans la seconde coexistent des exploitations de plusieurs dizaines d'hectares (environ 45 Pme) et une grande entreprise de canne à sucre (Agrovale) de plus de 1 000 ha. Le projet de Maniçoba a connu une évolution rapide vers l'arboriculture fruitière à partir de 1992 et les cultures annuelles sont désormais marginales (figure 3). Comme à Mandacarú, l'eau est pompée puis distribuée gravitairement jusqu'à l'entrée des lots, mais les Pme tendent à passer à l'irrigation sous pression (aspersion et plus rarement goutte à goutte) en investissant dans des réservoirs individuels et des stations de pompage électriques, alors que les *colons* demeurent en irrigation gravitaire. Le périmètre est géré par un district, dont le responsable met en oeuvre les décisions du conseil d'administration, formé par des représentants des producteurs (*colons*, Pme et entreprise sucrière), un représentant de la Codevasf et le gérant lui-même.

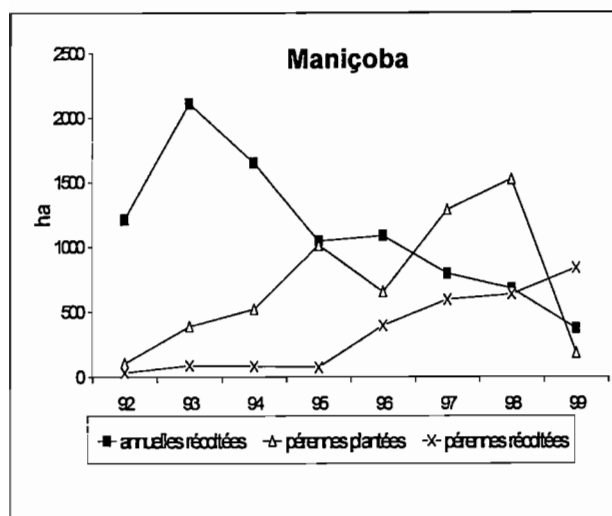


Figure 2. Evolution des superficies en cultures pérennes et annuelles à Maniçoba.

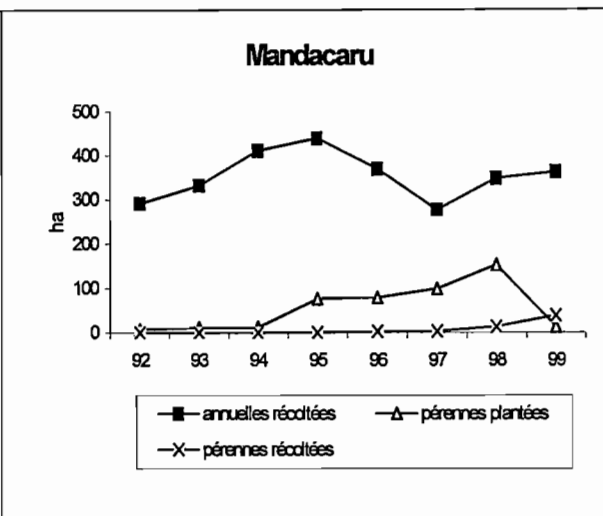


Figure 3. Evolution des superficies en cultures pérennes et annuelles à Mandacarú.

Des périmètres irrigués aux dysfonctionnements persistants

Au regard des critères habituels d'analyse (Vermillion, 1996), l'irrigation dans cette région s'inscrit dans un contexte naturel, économique et institutionnel favorable :

- la ressource en eau n'est pour l'instant pas limitante, puisque la demande actuelle des périmètres ne représente que 4 % de la ressource disponible dans le fleuve ;
- les conditions d'ensoleillement et de température permettent plusieurs récoltes par an pour de nombreuses cultures (maraîchage, coco, goyave) ;
- les réformes engagées ont entraîné une meilleure implication des usagers dans la gestion des périmètres ainsi que le recentrage des gestionnaires sur les fonctions de distribution de l'eau et de maintenance des réseaux ; leur professionnalisation garantit *a priori* une certaine efficacité du service ;
- les cultures développées sur les périmètres s'inscrivent dans le cadre de filières rentables et organisées, avec des marges moyennes de l'ordre de 15 000 F/ha (Marinozzi et Correia, 1999).

Malgré ces conditions favorables, les périmètres rencontrent des difficultés pour couvrir leurs coûts de fonctionnement avec les recettes perçues auprès des agriculteurs. Ces difficultés sont liées pour une part à une mauvaise définition des tarifs appliqués : les montants facturés sont inférieurs aux dépenses engagées faute d'un système comptable performant (figure 4). D'autre part, le déséquilibre entre partie fixe et partie variable du tarif, au profit de la seconde, entraîne des variations aléatoires des recettes en fonction des consommations en eau des agriculteurs (de Nys, 1999 ; Alcubilla, 2000).

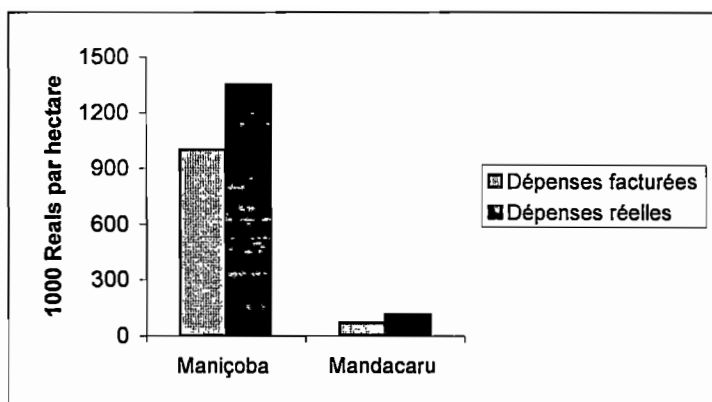


Figure 4. Différences entre dépenses facturées et dépenses réelles dans les deux périmètres en 1999.

Cette situation est aggravée par l'existence d'un fort taux d'impayés, croissant depuis quelques années chez les *colons*. Si les problèmes de recouvrement semblent plus ponctuels que structurels à Maniçoba, l'accroissement des dettes cumulées de 1995 à 1998 à Mandacaru paraît suivre le développement de l'arboriculture fruitière (figure 5). L'analyse des conditions dans lesquelles cette transition des cultures annuelles vers les cultures pérennes s'est réalisée permet d'expliquer cette situation.

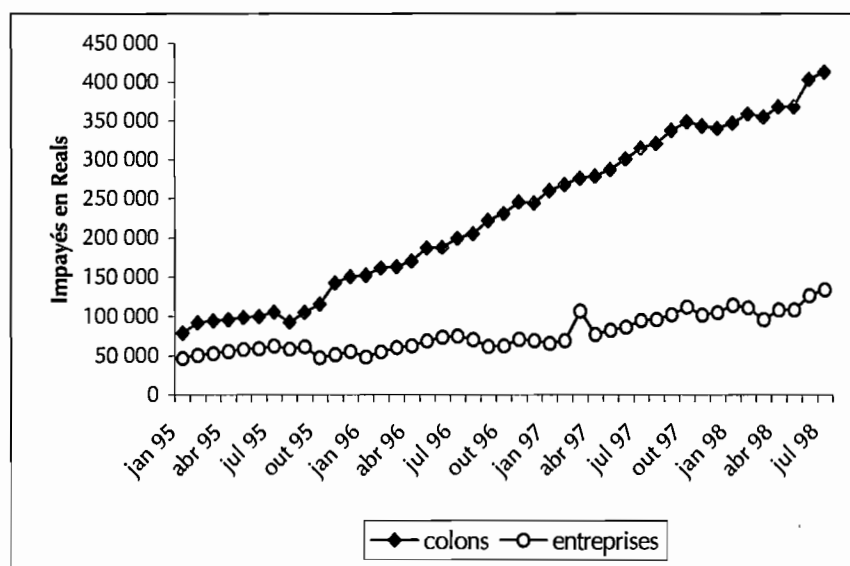


Figure 5. Evolution du montant cumulé des impayés sur le périmètre de Maniçoba pour les colons et les entreprises.

Comportements de paiement de la redevance et transition vers l'arboriculture fruitière

Les enquêtes montrent que, face au paiement de la redevance (partie K2 du tarif), les *colons* adoptent des comportements contrastés sur un même périmètre, que l'on peut regrouper en six types (figure 6) :

- les « bons payeurs » assurent un paiement régulier de leur facture d'eau soit de façon mensuelle conformément au règlement des périmètres (type 1a), soit de façon périodique (tous les 3 à 5 mois) sans accumuler les impayés (type 1b) ;
- les « producteurs à dette stabilisée » ont accumulé les impayés au cours des dernières années, mais s'efforcent à l'heure actuelle de stabiliser leur dette. Ils effectuent un paiement régulier soit

mensuellement (type 2a) soit périodiquement (tous les 3 à 5 mois – type 2b) et le montant global de leur dette n'augmente plus d'une année sur l'autre ;

- les « mauvais payeurs » (type 3b) voient le montant global de leur dette croître, même s'ils essaient épisodiquement de la stabiliser ;
- enfin, les « mauvais payeurs de bonne volonté » n'ont pas su maîtriser l'augmentation de leurs impayés mais ils s'efforcent désormais de réduire leur niveau même s'il s'agit d'une opération de longue durée (type 3a).

Les exploitants qui parviennent à respecter les délais fixés par le gestionnaire sont minoritaires : les « bons payeurs » ne représentent que 34 % des exploitants, dont 17 % pour le type 1a. L'endettement est stabilisé chez près de la moitié des producteurs (type 2a et 2b) et le niveau d'impayés est croissant pour seulement 25 % des colons (type 3b). Les relevés des gestionnaires confirment ces données : à Maniçoba, 25 % des colons payent leur facture à temps, 55 % après délai d'expiration et 20 % des factures seulement restent impayées. A Mandacarú, le taux de paiement total annuel du K2 n'atteint que 75 à 80 % (De Nys, 1999).

Cette diversité de comportement et ces difficultés de paiement renvoient aux conditions de formation des revenus des exploitations, elles-mêmes liées aux modalités de passage à l'arboriculture fruitière. La réussite de cette transition dépend (i) du choix initial des spéculations fruitières ; (ii) des capitaux disponibles pour financer l'implantation et l'entretien des vergers ; et (iii) des modalités de conduite des vergers.

Les choix initiaux de spéculations fruitières

La plantation d'un verger représente un investissement important pour une exploitation familiale, dont les premiers bénéfices ne seront touchés qu'une à quatre années plus tard selon les spéculations. Durant cette période, le revenu des producteurs dépend des cultures annuelles (melon, pastèque, tomate, haricot) conduites en culture pure ou en intercalaire dans les jeunes plantations. Ces cultures, pour la plupart maraîchères, ont été très rémunératrices dans les années 80, mais présentent aujourd'hui un caractère spéculatif, du fait des risques d'attaques parasitaires et d'effondrement des cours sur les marchés locaux.

Les situations les plus critiques se rencontrent sur des exploitations ayant fortement investi dans des arbres qui entrent en production tardivement, comme le manguier, et qui ont mal maîtrisé leurs cultures annuelles complémentaires. A l'opposé, les stratégies développées sur des cultures qui entrent en production plus rapidement telles que le cocotier ou le goyavier et dont les revenus sont régulièrement répartis dans l'année, comme le bananier, offrent une meilleure régularité et sécurité de revenus aux agriculteurs (tableau I).

Les conditions de financement de l'activité agricole

Ces difficultés financières pourraient être atténuées, sinon résolues, par une politique de crédit judicieuse. Or l'offre locale se révèle mal adaptée à la situation des *colons* :

- au moment des plantations, des crédits d'investissement ont bien été accordés, mais leur durée trop courte n'a pas permis aux agriculteurs d'atteindre les premières récoltes ;
- les colons manquent de réelles garanties (tous ne sont pas propriétaires de leur lot) et, faute de formation, ont des difficultés à comprendre les procédures d'octroi des prêts, complexes et bureaucratiques (Jehan, 2000) ;
- la Banque du Nordeste privilégie les prêts d'investissement au détriment des prêts de campagne mieux adaptés aux cultures annuelles, et qui permettraient aux *colons* de résoudre leurs problèmes ponctuels de trésorerie.

Dans ces conditions, les *colons* ne disposant pas de revenus autres qu'agricoles s'endettent auprès de « partenaires » à des taux usuraires de 20 % par mois, ou sous la forme d'un système de métayage fort coûteux. Le « partenaire » finance alors les charges opérationnelles des cultures, y compris l'eau dans certains cas, se rembourse à la récolte et récupère la moitié de la production restante, ce qui diminue d'autant le revenu des agriculteurs.

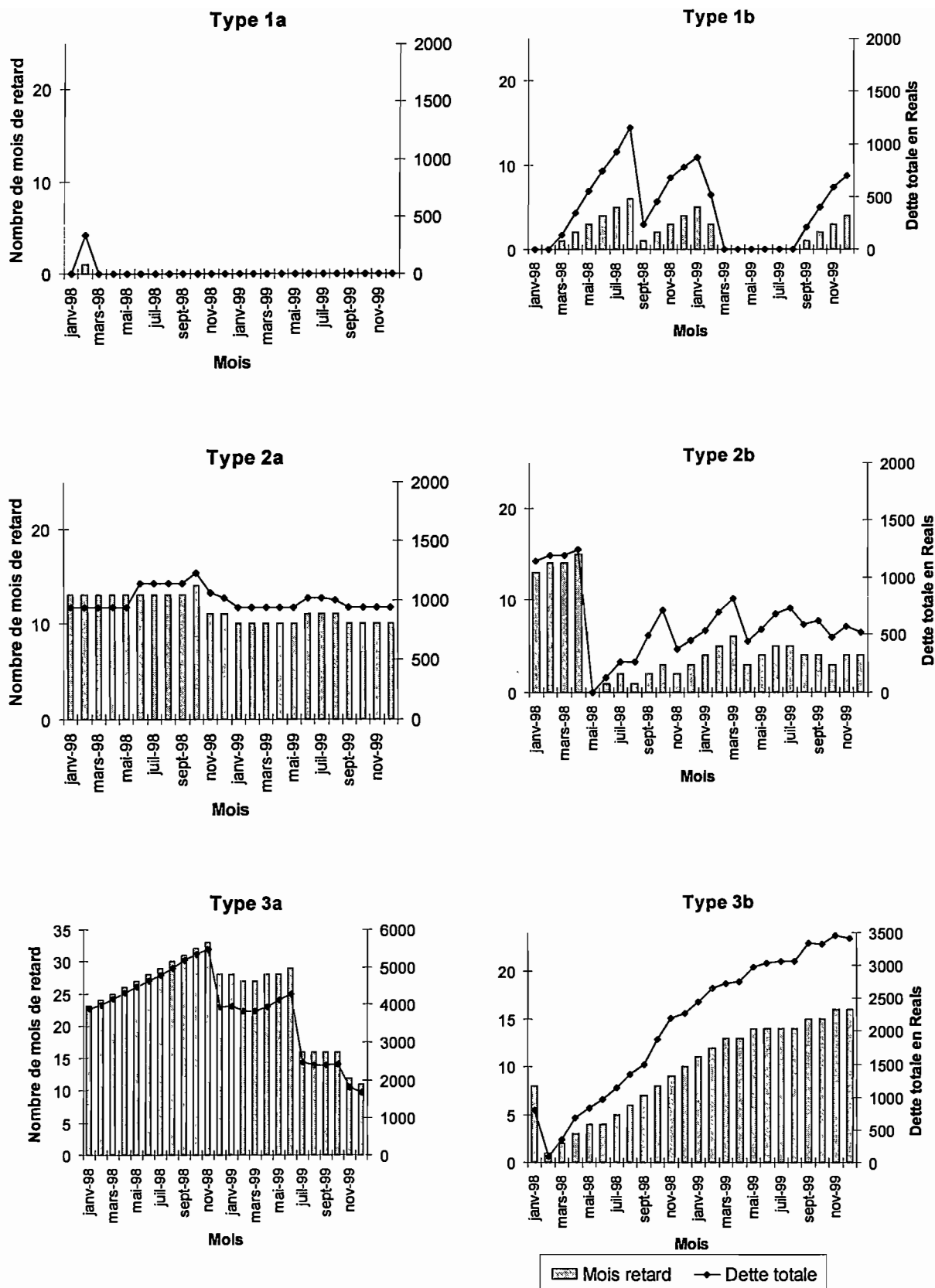


Figure 6. Les différents comportements de paiement de la redevance identifiés.

Tableau I. Caractéristiques technico-économiques des principales cultures pérennes.

Production	Nombre de récoltes par an	Année d'entrée en production	Rendement moyen sur la durée de production (t/ha)	Prix moyen en 1999 (***) (Reals / kg)	Coût de plantation (Reals / ha)	Coût d'entretien (Reals/ha/an)
Mangue	1 (*)	4	18	0,49	7 200	5 100
Goyave	1,5 (**)	2,5	20	0,53	6 200	3 800
Coco	continue	3	30 000 unités	0,29 Reals/unité	5 200	3 400
Banane	continue	1,5	30	0,51	4 500	4 600
Maracuja	continue	0,5	11.5	0,39	3 000	2 900

(*) Possibilité de production en continu en cas d'induction florale artificielle.

(**) Possibilité de production en continu en cas de taille en continu.

(***) Observé sur le marché des producteurs de Juazeiro.

Source : Banco do Nordeste.

La conduite des vergers

Ce manque de financement se traduit dans la conduite des vergers par un entretien insuffisant durant la phase de croissance, qui affecte le potentiel ultérieur de production, et par une adaptation des pratiques en phase de production (par exemple, suppression de l'induction florale sur le manguier, diminution des apports d'engrais et de produits phytosanitaires). Le nombre annuel de récoltes est réduit et les dates de mise en marché sont mal maîtrisées, car les techniques d'induction florale sur le manguier ou de récolte en continu sur le goyavier sont coûteuses.

En conséquence, les agriculteurs en difficulté financière voient leurs volumes de production diminuer et ne parviennent pas à se placer sur les créneaux de production les plus rémunérateurs, qui nécessitent de respecter certains critères de qualité et de période de récolte. Ils rentrent dans une spirale d'endettement et de décapitalisation accentuée par le recours au « partenariat », qui peut les conduire jusqu'à la faillite et l'éviction des périmètres.

Selon la façon dont cette transition vers l'arboriculture fruitière s'est déroulée depuis dix ans, on peut distinguer cinq grands types d'exploitations de colons (encadré 1). Ils se différencient principalement par la date de passage à l'arboriculture, le rythme de plantation, le choix des spéculations (équilibre entre productions à cycle court et à cycle long) et le mode de financement de la transition (tableau II). L'impact de cette transition sur les résultats techniques et économiques des exploitations est sensible (tableau III), ce qui explique en grande partie les profils de paiement de la redevance (tableau IV). Ainsi, les mauvais payeurs se retrouvent principalement dans des exploitations endettées, dont la transition s'est effectuée à partir d'emprunts et de façon trop rapide. Les bons payeurs sont en majorité des exploitants dont le système de culture est stabilisé, dans le cadre d'une transition bien maîtrisée²⁵ ou en début de transition (types III et I), ou des *colons* disposant de revenus extérieurs importants. L'accumulation puis la stabilisation des impayés relève d'exploitations en cours de transition (type I, IV et V).

Cette relation cohérente entre dynamiques d'évolution des exploitations familiales, revenus et paiement de la redevance, illustre bien le fait que la logique économique actuelle prend nettement le pas sur la logique sociale initiale. Ce processus marginalise une partie des *colons*, tout en compliquant la tâche des gestionnaires dans leurs tentatives de pérenniser l'outil de production.

25. Une transition bien maîtrisée (type III) se caractérise par un passage précoce à la fruiticulture, un rythme de plantation peu élevé, un équilibre entre les cultures pérennes à cycle court et à faible coût d'installation (bananier, fruit de la passion) et celles plus rémunératrices mais à cycle plus long (manguier), un financement sur ressources propres.

Tableau II. Caractéristiques de la transition vers l'arboriculture fruitière pour quatre exploitations réelles représentatives des principaux types de producteurs.

Exploitation de type	I - Cultures annuelles dominantes	II – Transition rapide sur emprunt	III – Transition progressive sur fonds propres	V – Petits entrepreneurs agricoles
Surface du lot (ha)	6	6	9	15
Date d'installation	1973	1981	1981	1993
Date des premières plantations	1997	1995	1990	1993
Rythme de plantation (ha/an)	0,5	1,75	1,2	3,2
% de cultures pérennes en production	0	57	89	60
% de cultures pérennes à cycle court (<3 ans)	0	29	33	33
% de cultures pérennes en croissance	13	43	11	40
% de cultures annuelles	87	0	0	0
Mode de financement des plantations	banque	banque	ressources propres, revenus non agricoles	ressources propres, revenus non agricoles

Source : Jehan, 2000.

Tableau III. Résultats économiques pour quatre exploitations réelles représentatives des principaux types de producteurs.

Exploitation de type	I - Cultures annuelles dominantes	II – Transition rapide sur emprunt	III – Transition progressive sur fonds propres	V – Petits entrepreneurs agricoles
Marge moyenne des cultures annuelles (Reals / ha)	690	-	-	-
Marge moyenne des cultures pérennes en production (Reals / ha)	-	150	3 800	6 670
Coûts moyens des cultures pérennes en croissance (Reals / ha)	-500	-1 030	-2 100	-10 050
Revenu total du lot (Reals /an)	-880	-9 800	20 460	-18 700

Source : Jehan, 2000.

Tableau IV. Types de producteurs et comportements de paiement de la facture d'eau.

Producteurs	I - Cultures annuelles dominantes	II - Transition rapide sur emprunt	III - Transition progressive sur fonds propres	IV - Transition non stabilisée sur fonds propres	V - Petits entrepreneurs agricoles
Comportements les plus fréquents vis-à-vis de la facture d'eau	1a ou 1b (2b)	3b (2b)	1a ou 1b	Variable 2b, 3a ou 3b	1b – 2b

Encadré 1. Les différents types de producteurs identifiés dans les périmètres de Mandacarú et Maniçoba.

TYPE I : Producteurs sans ressources propres essentiellement tournés vers les cultures annuelles.

- Producteur âgé, fragilisé par la crise économique de 1985-1994.
 - systèmes de productions organisés autour de cultures maraîchères et du « partenariat » avec un tiers (ressources insuffisantes pour le financement de la campagne). Forte sensibilité des cultures maraîchères aux fluctuations des prix et aux aléas phytosanitaires.
 - Transition tardive et limitée vers l'arboriculture fruitière réalisée à partir d'emprunts bancaires. Entretien insuffisant des vergers en croissance faute de moyens financiers.
 - Projet stratégique limité à l'extension des surfaces en manguiers, à partir d'un financement bancaire.
- Ce type de producteurs représente 36 % des agriculteurs enquêtés de Mandacarú et 22 % de Maniçoba.*

TYPE II : Producteurs endettés ayant assuré une transition trop rapide sur financement extérieur.

- Reconversion du lot rapide et récente (moins de 5 ans) en verger sur crédits bancaires. Spéculations diversifiées autour d'une culture pivot, le manguiers. Cultures annuelles intercalaires. Faible part du lot en production au moment de l'enquête.
 - Accumulation de dettes (banques, périmètre, secteur informel) et décapitalisation. Recours au métayage pour le financement des opérations culturales des vergers en production.
 - Entretien insuffisant des plantations récentes faute de ressources et résultats techniques médiocres.
 - Projet stratégique : « tenir » jusqu'à l'entrée en production de l'ensemble du lot, en espérant pouvoir alors renégocier les dettes, au risque d'être obligé de céder le lot.
- Ce type de producteurs représente 7 % des agriculteurs enquêtés de Mandacarú et 20 % de Maniçoba.*

TYPE III : Producteurs dont le lot est stabilisé et ayant assuré la transition progressive vers l'arboriculture fruitière à partir de ressources propres.

- Orientation précoce vers l'arboriculture fruitière (début des années 90) et transition progressive (sur 8 à 10 ans) financée sur ressources propres par un choix pertinent de spéculations à cycle court de production. Transition parfois facilitée par un revenu extérieur régulier ou des capitaux initiaux.
 - Diversification progressive permettant de compenser les fluctuations inter-annuelles des prix. La majorité des plantations sont en production à l'heure actuelle.
 - Bons résultats techniques et économiques.
 - Projet stratégique : réinvestir les bénéfices dans l'extension des surfaces irriguées ou d'autres activités.
- Ce type de producteurs représente 14 % des agriculteurs enquêtés à Mandacarú et 13 % à Maniçoba.*

TYPE IV : Producteurs assurant une transition progressive vers l'agriculture sur ressources propres

- Variante du type précédent : toutes les plantations ne sont pas encore entrées en production.
 - Situation fragile : sensibilité au moindre incident (accident phytosanitaire, vent sur les plantations de bananiers, dépenses de santé imprévue etc).
- Ce type de producteurs représente 14 % des agriculteurs enquêtés à Mandacarú et 13 % à Maniçoba.*

TYPE V : Petits entrepreneurs agricoles

- Jeune double-actif non résident sur le périmètre avec une forte disponibilité en capitaux.
 - Importants investissements initiaux privilégiés : rachat de lots à des agriculteurs en difficulté, 100 % de cultures pérennes peu diversifiées.
 - Objectif : retour rapide sur investissement par une conduite technique adaptée et entrée en production accélérée.
 - Gestion du lot de type Pme avec salariés permanents.
 - Projet stratégique : amélioration des rendements (résultats techniques inférieurs à ceux du type III) et meilleure valorisation commerciale des productions.
 - Risque : revenus extérieurs insuffisants et/ou irréguliers ne permettant pas de passer les premières années de faibles productions.
- Ce type de producteurs n'a pas été rencontré à Mandacarú et représente 22 % des agriculteurs enquêtés à Maniçoba.*

Source : enquêtes C. Jehan, 2000).

Conséquences collectives des difficultés individuelles

Le fonctionnement des périmètres se trouve affecté aux plans financier, hydraulique, organisationnel et social par cette diversité d'adaptation des exploitations individuelles aux évolutions institutionnelles et économiques en cours.

Financièrement, l'accumulation des dettes individuelles se traduit par des déséquilibres budgétaires au plan collectif, d'autant plus importants que le tarif de l'eau est sous-évalué. Du fait de la priorité accordée au paiement des salaires et de l'énergie, ces difficultés financières se traduisent par une négligence de la maintenance, voire même du fonctionnement courant, qui affecte à Mandacarú l'efficacité de la distribution de l'eau (De Nys, 1999). La situation à court terme est moins problématique à Manicoba, où Agrovale, qui occupe la moitié du périmètre, assure des recettes régulières au district. Ceci permet une couverture minimale des charges de fonctionnement, mais pas des dépenses de maintenance à moyen terme.

Les gestionnaires s'adaptent également à ces problèmes financiers en adoptant des stratégies de report de charge vis-à-vis de l'Etat, qui exploitent les zones de flou existant dans le processus de transfert. Le tarif K1 peut en effet servir à des travaux de « modernisation » des périmètres tels que l'électrification et le passage à l'irrigation sous pression. Les gestionnaires sont donc tentés de différer les entretiens lourds qu'il ne peuvent financer à partir du tarif K2, et déposer un dossier d'amélioration des infrastructures finançables par le K1. Cette stratégie présente des risques de dégradation du service de l'eau en cas de rejet du projet par la Codevasf.

Ces difficultés alimentent également tensions et conflits entre les exploitants et le gestionnaire, ou au sein de la structure gestionnaire, pouvant conduire à des situations de blocage. Ainsi la coopérative de Mandacarú, chargée de la gestion du périmètre au moment de son transfert en 1989, a été confrontée à une grave crise administrative en 1999, alimentée par les difficultés économiques. La situation était telle que la gestion du périmètre a été reprise en main en décembre 1999 par la Codevasf, avec la création d'un district dont la gestion est temporairement assurée par l'un de ses fonctionnaires.

Enfin, les difficultés rencontrées par les producteurs pour s'adapter à la nouvelle donne économique se traduisent par un renouvellement progressif des irrigants. A Manicoba, 35 % des *colons* initiaux ne sont plus présents sur le périmètre. La transition vers les systèmes à base de cultures pérennes accélère le processus, qui devrait voir une partie des exploitations de type II disparaître. Ces *colons* sont remplacés par de petits entrepreneurs agricoles (type V), qui interviennent avec des logiques capitalistes, probablement très proches des stratégies des Pme, et dont la réussite devrait être facilitée par les capitaux et ressources extérieures dont ils disposent.

Développer la dimension managériale

Les dynamiques décrites ici sont-elles inéluctables, le marché dictant sa loi dans un processus de sélection des producteurs les plus performants, ou est-il envisageable de concilier les logiques économiques et sociales à l'œuvre dans ces périmètres depuis leur origine ? Pour ce faire, il convient d'introduire la dimension managériale comme troisième composante du fonctionnement des périmètres et des exploitations agricoles. En effet, celle-ci est souvent mal prise en compte dans la réflexion et l'action, alors qu'elle nous paraît responsable des difficultés rencontrées aujourd'hui, à travers un déficit de planification et d'adaptation des acteurs face aux évolutions incertaines de l'environnement économique de leurs périmètres. Elle intéresse aussi bien les gestionnaires que les agriculteurs et leurs partenaires extérieurs, tant leur interdépendance d'action explique les problèmes rencontrés.

Les agriculteurs

Pour améliorer leurs performances techniques et économiques, les agriculteurs doivent maîtriser à la fois la gestion stratégique de leur exploitation, autour des décisions d'assolement et d'investissements, et la gestion technique des productions retenues. Dans le premier cas, il s'agit d'opérer une réflexion prospective sur le moyen terme, tenant compte des ressources propres de l'exploitation et de l'incertitude des filières et des marchés. Dans le second cas, l'enjeu porte sur la planification de la conduite des systèmes de culture et sur leur pilotage face à des aléas d'origines diverses, sachant que les spéculations rencontrées au Brésil

nécessitent une bonne technicité pour s'adapter aux contraintes des marchés (apports réguliers tant en quantités qu'en qualité). S'y ajoute une réflexion sur la gestion de la trésorerie et les moyens de pallier les contraintes imposées par le système actuel de crédit.

Les gestionnaires

Pour les gestionnaires, le premier enjeu consiste à fournir aux agriculteurs un service de qualité pour tous, mais diversifié en fonction de leurs besoins et de leurs ressources. Ceux-ci varient en effet considérablement sur un même périmètre, entre des exploitations familiales dans des situations de production et financières contrastées, des Pme et des grandes entreprises. Or, la seule distinction de service opérée aujourd'hui concerne l'offre en eau à Maniçoba, organisée en tours d'eau pour les *colons*, et à la demande pour les entreprises. La tarification appliquée est par contre identique pour tous, de même que les procédures de facturation, qui ne sont pas adaptées à la variété des profils de trésorerie des exploitations, et les procédures de ré-échelonnement de leur endettement.

Cette diversité du service peut s'envisager sous diverses formes. Au plan hydraulique, l'agriculteur pourrait se voir proposer l'irrigation de nuit, une modulation des débits souscrits, le passage à l'irrigation sous pression ou une différenciation des tours d'eau. Cette gamme technique se traduirait dans la tarification, avec la mise en place d'un système optionnel où le prix payé serait directement fonction du type de service demandé. Il est également imaginable d'adapter le mode de facturation aux systèmes de production pratiqués par les agriculteurs, en leur laissant le choix du contrat. Ainsi les exploitations à base de manguier peuvent avoir intérêt à payer la facture en deux fois dans l'année, alors que celles qui disposent de revenus plus réguliers peuvent préférer payer chaque mois.

Tant la situation actuelle que son évolution vers une meilleure prise en compte de la diversité des clients impliquent une amélioration des modalités internes de gestion des districts, afin que les décisions soient prises sur des bases solides et transparentes. Ce deuxième enjeu concerne à la fois le suivi comptable qui permettra d'avoir une vision budgétaire précise des activités passées et d'en tirer les conséquences sur les choix tarifaires, et le suivi technique du périmètre, que ce soit la distribution de l'eau avec une meilleure connaissance des efficacités de distribution aux différents points de régulation, ou la maintenance dont dépend la pérennité des infrastructures hydrauliques. Ce contrôle de gestion nécessite une amélioration sensible des systèmes d'information utilisés par les districts qui, dans l'état actuel, ne donnent qu'une vision partielle de leur fonctionnement.

L'environnement économique

L'organisation du crédit et des filières de production paraît aujourd'hui beaucoup mieux adaptée aux situations des entreprises agricoles qu'à celles des colons. Ceci accroît les difficultés que ces derniers rencontrent pour se maintenir dans le secteur irrigué. A l'instar des gestionnaires de périmètre, les institutions de crédit et de commercialisation des productions pourraient chercher à diversifier leur offre de service, en élargissant leur gamme de produits financiers pour les banques, en intégrant plus significativement les exploitations familiales dans leurs circuits de commercialisation pour les institutions de mise en marché.

Dans une économie libérale, cette évolution suppose que ces acteurs y trouvent un intérêt. L'Etat peut certes les y inciter, via des mécanismes de subventions par exemple, mais le mécanisme central de ce processus tiendra dans la capacité des *colons* comme des gestionnaires de périmètre à montrer leur maîtrise managériale, meilleure garantie face à des prêts consentis ou à des cahiers des charges en matière de production et de commercialisation. D'où l'importance d'adapter les démarches de conseil et d'accompagnement de ces dynamiques aux enjeux qu'elles représentent pour l'avenir de la petite agriculture familiale dans le secteur irrigué.

Adapter les démarches de conseil

La fonction d'assistance technique, longtemps assumée par la Codevasf, est actuellement sous-traitée à des tiers et devrait à terme être prise en charge financièrement par les districts. Elle est depuis toujours centrée sur les problèmes à court terme de fertilisation et de lutte phytosanitaire ou sur l'évaluation des projets d'investissements pour le compte des banques. Elle n'a probablement pas été suffisamment tournée vers le

conseil en gestion stratégique, que ce soit au niveau des exploitations (choix des assolements et décision d'investissements en fonction des possibilités offertes par l'environnement économique et des ressources propres de l'exploitation) ou des gestionnaires (diversification du service et adaptation aux besoins des clients agriculteurs).

Le passage à une logique managériale suppose donc un renouvellement des démarches d'appui aux acteurs de l'irrigation dans la région. Il s'agit de dépasser les démarches de conseils monothématiques (hydraulique ou comptable pour les gestionnaires, agronomique pour les producteurs) et de prendre en compte de façon coordonnée les différentes composantes du fonctionnement des périmètres. Il s'agit moins de proposer des normes ou modèles de fonctionnement d'exploitations agricoles, d'exploitations du réseau ou de tarification, que de développer des méthodes d'analyse des situations dans leur complexité et d'appuyer les processus de négociation et d'apprentissage nécessaires à l'amélioration durable des performances.

Au niveau des agriculteurs, un dispositif de conseil individuel en gestion pourrait être mis en place, qui permettrait d'alimenter, sur la base de simulations prospectives, une réflexion sur l'évolution technico-économique de l'exploitation, face aux contraintes ou opportunités liées aux mutations des périmètres et de leur environnement. De telles méthodes se fondent sur l'utilisation de simulations budgétaires, facilitée par le recours à l'informatique (Attonaty *et al.*, 2000)

Au niveau des gestionnaires, des approches nouvelles sont actuellement testées sur le cas brésilien, fondées sur l'élaboration d'outils d'aide à la réflexion concernant la tarification (Le Gal *et al.*, 2001a) et l'organisation des relations offre-demande en eau (de Nys *et al.*, 2001). L'objectif est de construire, avec les acteurs concernés, des scénarios d'évolution possible du périmètre en fonction de différents paramètres, notamment les demandes diversifiées des agriculteurs, et d'en mesurer les conséquences sur des indicateurs de performances techniques et économiques. Là encore, la simulation informatique est un outil privilégié, dans la mesure où elle permet de multiplier les scénarios et d'alimenter la réflexion avec de nombreuses informations nouvelles.

La dimension informationnelle est à la base des décisions à prendre, la connaissance du passé et du présent nourrissant la compréhension des processus en cours et la réflexion sur les orientations à prendre (Lorino, 1991). Améliorer les systèmes d'information en place est un processus lourd et long (Le Gal *et al.*, 2001b), qui n'a pas été engagé au Brésil jusqu'ici faute d'un dispositif de terrain adapté. Ce thème pourrait faire l'objet d'une intervention spécifique à l'avenir, tant sa place est centrale dans le fonctionnement des périmètres.

Conclusion

Ce cas brésilien souligne que les difficultés rencontrées sur de nombreux périmètres transférés à leurs usagers de par le monde ne trouvent pas leur origine seulement dans des contextes socio-économiques défavorables. Certes, le passage relativement rapide de logiques sociales et assistées, mises en place à la création des périmètres, à des logiques économiques libérales placent les agriculteurs et les gestionnaires de périmètre dans des situations financières tendues, avec des répercussions sur la qualité du service de l'eau et les revenus. Les tensions augmentant, la tentation est grande d'abandonner la logique sociale au profit d'une logique purement économique, où seules les exploitations les plus performantes subsisteraient.

Cette notion de performance est néanmoins à relativiser au regard des conditions dans lesquelles ces changements se sont opérés. Le cas brésilien montre l'existence d'un déficit managérial ayant conduit, d'une part, les agriculteurs dans des problèmes financiers liés à une transition trop rapide vers la fruiticulture, d'autre part, les gestionnaires et les acteurs externes aux périmètres à adopter, probablement par souci de simplicité, des offres de services uniformes face à une clientèle diversifiée. De leur côté, les pouvoirs publics, préoccupés par le processus de transfert, ne semblent pas s'être donné les moyens de contrecarrer cette tendance à l'éviction des *colons*.

La question est maintenant de savoir si l'ensemble du secteur, pouvoirs publics compris, souhaite inverser la tendance. Si tel est le cas, cela nécessitera la mise en place de dispositifs d'appui à même d'accompagner les différents acteurs vers une meilleure maîtrise de la gestion de leurs organisations et de leurs processus de coordination. Des démarches allant dans ce sens sont actuellement testées sur le terrain brésilien. Leur utilisation à large échelle dépendra de l'intérêt que manifesteront les acteurs du secteur pour une telle évolution.

Bibliographie

- ALCUBILLA R.G., 2000. Elaboration d'un outil de simulation de la tarification de l'eau : application à deux périmètres irrigués collectifs au Brésil. Mémoire de Daa, Ager, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
- ATTONATY J.M., LE GRUSSE P., LE BARS M., 2000. Towards new instrument to help negotiation concerning irrigation. International Symposium of Intelligent Information Technology 2000 (ISIAIT 2000), December 1-4 Beijing, China. 8 p.
- DE NYS E., 1999. Analyse et modélisation de la tarification de l'eau sur les périmètres irrigués collectifs dans le Nordeste du Brésil. Mémoire Esat2, Cnearc, Montpellier, 51 p.
- DE NYS E., LE GAL P.Y., RAES D., 2002. Analyse et modélisation de la relation entre offre et demande en eau sur deux périmètres irrigués au Brésil. Communication au séminaire Pcsi « La gestion des périmètres irrigués à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches ». Montpellier, France, 22 et 23 janvier 2001.
- DEVEZE J.C., 1992. Bilan et perspective de quatre grands aménagements hydro-agricoles en Afrique et à Madagascar (Lac Alaotra, Office du Niger, Delta du Fleuve Sénégal, Nord Cameroun). Ccce, Paris, 37 p.
- JEHAN C., 2000. Stratégies des producteurs individuels et gestion des exploitations agricoles : exemple de deux périmètres irrigués collectifs au Brésil. Mémoire Daa, Ager, Ina-Pg, Paris, 59 p.
- LE GAL P.Y., DIA I., 1991. Le désengagement de l'Etat et ses conséquences dans le Delta du Fleuve Sénégal. In La vallée du fleuve Sénégal. Evaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements (1980-1990), Crousse B., Mathieu P., Seck S.M. (eds.). Paris, France, Karthala, p. 160-174.
- LE GAL P.Y., DE NYS E., PASSOUANT M., et al., 2000. Recherche-intervention, modélisation et aide à la décision collective : application à la gestion des périmètres irrigués. In Le pilotage des agro-écosystèmes : complémentarités terrain-modélisation et aide à la décision. Cirad, Montpellier, 31 août 2000, 17 p.
- LE GAL P.Y., RIEU T., ALCUBILLA R. G., FALL C., DE NYS E., 2002. Apports de la simulation pour l'aide au choix d'un système tarifaire sur les périmètres irrigués. Communication au séminaire PCSI « La gestion des périmètres irrigués à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches ». Montpellier, France, 22 et 23 janvier 2001.
- LE GAL P.Y., PASSOUANT M., MAMADY F., BELIERES J.F., 2002. Conception et mise en place d'un système d'information dédié à la maintenance des réseaux hydrauliques à l'Office du Niger (Mali). Communication au séminaire Pcsi « La gestion des périmètres irrigués à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches ». Montpellier, France, 22 et 23 janvier 2001.
- LORINO P., 1991. Le contrôle de gestion stratégique. La gestion par les activités. Paris, France, Dunod, 213 p.
- MARINOZZI G., 2000. Stratégies collectives et dispositifs de commercialisation : l'essor de la fructiculture irriguée à Juazeiro Petrolina (Nordeste du Brésil). Thèse de Doctorat en économie rurale, Inp, Toulouse, France, 294 p. + annexes.
- MARINOZZI G., CORREIA R.C., 1999. Dinâmicas da agricultura irrigada do pólo Juazeiro-BA/Petrolina-PE. In 37^o congrès SOBER (Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural), "O Agronegocio do Mercosul e sua Inserção na Economia Mundial", Foz de Iguaçu-PA, Brésil, 1-5 août 1999, 9 p.
- MERREY D.J., 1997. Expanding the frontiers of irrigation management research. Results of research and development at the International Irrigation Management Institute, 1984-1995. IIMI.Colombo, Sri Lanka, 217 p.
- VERMILLION D.L., 1996. Le transfert de gestion de l'irrigation : Conditions de succès, options de changement. In Les conditions d'une gestion paysanne des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest. Niamey, 24-28 septembre 1996, p. 87-79.

Analyse et modélisation de la relation entre offre et demande en eau sur deux périmètres irrigués au Brésil

Erwin DE NYS*, Pierre-Yves LE GAL**, Dirk RAES*

*Katholieke Universiteit, Leuven, Belgique

**Cirad-Tera, TA 60/15 73, rue Jean-François Breton, 34 398 Montpellier cedex 5, France

Résumé – La confrontation de l'offre en eau des gestionnaires de périmètre irrigué avec les demandes des agriculteurs est source fréquente de conflits. Ceux-ci renvoient au fossé existant entre les normes de conception des aménagements et leur évolution ultérieure, que ce soit en termes structurels (surfaces irriguées, systèmes d'irrigation) ou fonctionnels (assolement, règles de gestion). Cette étude, basée sur une intervention conduite sur deux périmètres irrigués brésiliens, vise à concevoir un outil de simulation permettant d'aider gestionnaires et agriculteurs à négocier autour de nouvelles formes d'organisation de la distribution en eau. Nous montrons dans un premier temps comment l'évolution des cas étudiés a conduit à des tensions sur l'offre. Puis nous présentons la structure générale du modèle adoptée et les principes de calcul de la demande en eau des agriculteurs et de l'offre du gestionnaire. Un exemple simple de simulation vient illustrer la démarche employée. Nous montrons comment elle permet de passer d'indicateurs tels que la couverture des demandes par l'offre, à des considérations plus organisationnelles. Les perspectives offertes par ce travail en terme de conseil sont exposées en conclusion.

Abstract – **Analysis and modelling of the water supply and demand relationship in two irrigated schemes in Brazil.** Balancing the water supplied by irrigated managers with the farmers' demands is a frequent source of conflicts between them. These conflicts are rooted in the gap between the design standards of the schemes and their ulterior development regarding their structure (irrigated areas, irrigation systems) and their operation modes (crop pattern, management rules). This study based on an action-research conducted in two Brazilian irrigated schemes aims at designing a simulation tool that will support managers and farmers to negotiate new organizational patterns regarding the water distribution. In a first part we show how the two case studies have been facing strains on the water supply. Then we describe the general structure of the model and the calculation basis of both the farmers' water demands and the manager's supply. The approach is illustrated by an easy example of simulation which shows how to go from indicators such as the supply-demand ratio to some more organizational issues. Finally the interest of the study regarding decision support is discussed.

L'organisation de la distribution de l'eau sur un périmètre irrigué collectif représente un élément clé des relations entre la structure gestionnaire, dispensant le service et les agriculteurs qui en sont bénéficiaires (Le Gal *et al.*, 2000). Cette organisation renvoie à deux entités en interaction : d'une part, la gestion de l'offre par le gestionnaire, qui dépend d'aspects à la fois structurels (caractéristiques du réseau) et fonctionnels (règles et procédures de distribution), d'autre part, la construction des demandes des

agriculteurs, en fonction d'éléments qui dépassent les seuls besoins en eau des cultures (Rey, 1996 ; Lamacq, 1997, Leroy *et al.*, 1996).

Des conflits sont régulièrement observés entre gestionnaire et agriculteurs, liés à une mauvaise couverture des demandes par l'offre, à des gaspillages de la ressource aux différents niveaux du système, etc. Ces conflits se rattachent à une mauvaise adéquation entre les principes de conception des périmètres et leur utilisation réelle, tant du côté de l'offre que des demandes (Horst, 1998 ; Diemer et Huibers, 1996), ou à la difficulté d'adapter l'organisation existante à des évolutions institutionnelles, économiques ou agricoles.

Cette adaptation peut s'envisager sous plusieurs angles. L'offre peut être modifiée, à structure égale, en envisageant d'autres modes de distribution, ou par des investissements structurels (mise en place de réservoirs de stockage, modifications de capacité ou de techniques d'irrigation). Le gestionnaire peut également influencer les demandes en modifiant son système tarifaire (Montginoul, 1997).

Si les solutions envisageables sont multiples, leurs conséquences sur les performances du périmètre et des exploitations agricoles sont difficiles à évaluer dans toutes leurs dimensions. Il serait donc intéressant pour les gestionnaires et agriculteurs confrontés à des conflits récurrents ou à une évolution stratégique de leur périmètre, de bénéficier d'un appui à la définition de nouvelles règles de gestion de l'eau.

La plupart des outils développés pour les aider dans ce sens se réfèrent au pilotage quotidien de l'irrigation ou à sa planification sur une saison agricole. L'aide au pilotage concerne principalement le calcul de la dose et de la fréquence d'irrigation optimales par culture (Smith, 1992 ; Raes *et al.*, 1988). L'aide à la planification se limite souvent à la définition du calendrier agricole optimal pour la prochaine saison (Martinez *et al.*, 1996). Or, l'utilisation de ces outils par les structures gestionnaires semble être peu répandue (Itier *et al.*, 1995), et ils paraissent mal adaptés à la résolution de problèmes stratégiques.

A cet effet, d'autres approches montrent l'intérêt d'outils de simulation combinés à des supports de présentation relativement simples, pour aider la négociation entre gestionnaire et usagers autour de l'utilisation de l'eau (Barreteau *et al.*, 1998) ou de choix stratégiques tels que le mode de tarification de l'eau (Le Gal *et al.*, même séminaire). Ces outils visent à stimuler la réflexion des acteurs autour de la comparaison de scénarios alternatifs de gestion, susceptibles d'améliorer l'efficacité du service de l'eau.

Une telle approche est actuellement développée et expérimentée sur deux périmètres de la région de Petrolina-Juazeiro (Brésil), où l'évolution des assolements et des systèmes d'irrigation conduit les structures gestionnaires à s'interroger sur l'organisation future de la distribution de l'eau, avec ou sans l'introduction de nouveaux investissements hydrauliques. Ces questions s'inscrivent dans une situation conflictuelle, où les usagers jugent l'offre des gestionnaires insuffisante, ces derniers estimant à l'inverse injustifiées les demandes des agriculteurs, car exagérément élevées et traduisant une mauvaise utilisation de l'eau. Cette opposition de points de vue reflète deux représentations différentes des relations entre offre et demande en eau, l'une calée sur la satisfaction des besoins des usagers, l'autre sur les besoins en eau des cultures.

Après avoir présenté le contexte général de cette étude, nous exposons la structure du modèle adopté pour représenter ce problème. Puis nous illustrons sa mise en œuvre par quelques résultats de simulation portant sur la gestion d'un canal secondaire, avant de discuter des perspectives offertes par ce travail en cours.

Contexte de l'intervention

Le contexte général

La région d'étude est située dans l'intérieur du nordeste du Brésil, autour des villes de Petrolina (Pernambuco) et de Juazeiro (Bahia). Cette région est caractérisée par un climat semi-aride avec une distribution des pluies intra-annuelle et inter-annuelle très irrégulière du fait de sa situation aux confins de quatre grandes masses d'air (da Cunha Rebouças, 1972). La différence importante entre l'évapotranspiration et la pluviométrie annuelles moyennes (respectivement 1 890 mm et 550 mm) rend l'irrigation nécessaire pour satisfaire les besoins en eau des cultures, même pendant la période pluvieuse qui s'étend de novembre à avril. Grâce à la disponibilité en eau permanente du fleuve São Francisco et à des températures moyennes variant entre 24,5° C en juillet et 28,6° C en novembre, il est possible de cultiver sous irrigation toute l'année.

Depuis 1973, l'Etat brésilien installe, sur financements publics, des périmètres irrigués dans cette région, sous la responsabilité d'une société d'aménagement parapublique, la Codevasf (Compagnie de développement de la vallée du São Francisco). Les premiers périmètres ont été conçus dans une logique sociale visant à stabiliser la population rurale (Noël, 1995). Les agriculteurs ou « colons » se voient attribuer une superficie irrigable individuelle de six à huit hectares en moyenne. Depuis les années 80, les périmètres sont conçus pour accueillir aux côtés des colons, des petites et moyennes entreprises (Pme) exploitant des lots irrigués de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'hectares.

Depuis la fin des années 80, l'Etat brésilien cherche à se désengager de la gestion des périmètres par la mise en place de structures autonomes conçues sur le modèle des districts nord-américains (Corrêa, 1996). Les districts sont responsables de l'offre en eau aux usagers aux plans opérationnels et financiers, alors que l'Etat reste propriétaire de l'infrastructure collective. Ils sont gérés par des professionnels, mais contrôlés par les usagers via leurs représentants aux conseils d'administration.

La région est caractérisée par une évolution rapide des systèmes de production. Les périmètres ont été conçus à l'origine pour des cultures à cycle court (melon, tomate, haricot, oignon) avant d'évoluer vers l'arboriculture fruitière (mangue, goyave, coco vert, raisin) et devenir un des pôles principaux de l'arboriculture fruitière au Brésil (Marinozzi, 2000). En parallèle, les initiatives privées ont impulsé une évolution vers des techniques d'irrigation plus sophistiquées (micro-aspiration, goutte à goutte), entraînant l'abandon du système gravitaire actuel dans la conception des futurs projets publics (Codevasf, 1995).

Les périmètres de Maniçoba et Mandacarú, sur lesquels porte cette étude, sont représentatifs de la diversité des projets publics du pôle Petrolina – Juazeiro (tableau I). Le périmètre de Mandacarú est de taille relativement réduite et composé uniquement de colons. La mise en valeur reste principalement concentrée sur les cultures annuelles avec une certaine dynamique vers l'arboriculture fruitière. Le périmètre de Maniçoba est plus grand et composé de divers usagers de l'eau (colons, Pme et une entreprise sucrière). Il a été conçu en fonction de cultures annuelles qui ont été largement remplacées par l'arboriculture fruitière.

Tableau I. Caractéristiques de projets de Mandacarú et Maniçoba.

	Mandacarú		Maniçoba	
Superficie totale	855 ha		12 315 ha	
Type de sols	Vertisols		Podzols	
Type d'usagers	Colons	Colons	Pme	Entreprise sucrière
Superficie irrigable	420 ha	1 800 ha	995 ha	1 470 ha
Nombre de lots	54	232	45	24
Superficie irrigable par lot	7 à 8 ha	6 à 10 ha	15 à 150 ha	20 à 80 ha
Electrification	Non	Non	Oui	Oui
Système d'irrigation	Gravitaire	Gravitaire	Gravitaire Micro-aspiration	Gravitaire Pivot
Cultures en 1975				
Annuelles	98 %	95 %	60 %	+/- 90 %
Pérennes	2 %	5 %	40 %	
Cultures en 1999				
Annuelles	61 %	17 %	20 %	Canne à sucre
Pérennes	39 %	83 %	80 %	

La demande en eau des usagers

L'infrastructure des périmètres a été conçue suivant plusieurs hypothèses sur la demande et sur l'offre en eau (Sondotécnica, 1975) :

– le périmètre a été découpé en lots, unité de mise en valeur gérée par une exploitation agricole, et en sections hydrauliques regroupant plusieurs lots sur un même canal ;

– la demande théorique par lot a été calculée en fonction de sa superficie irrigable (S), d'un assolement type, des besoins nets en eau des cultures (I_{net}) et de l'efficacité d'application (E_a) ; les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- S est égale à 7,5 ha pour tous les lots des colons ;
- l'assolement ne comprend que des cultures annuelles de cycle court (légumineuses, cultures maraîchères) ;
- I_{net} est calculé en fonction de l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et de la pluie probable efficace (P_{eff}) ; ET_c dépend elle-même de l'évapotranspiration de référence (ET_0) du mois de pointe, multiplié par les coefficients culturaux (K_c) des cultures ;
- P_{eff} est considérée comme nulle pendant la période de pointe, de même que les autres apports d'eau telles que les remontées de nappe par capillarité ;
- E_a , rapport entre les besoins nets et les apports d'eau par irrigation, est égale à 50 %.

La demande en eau par section hydraulique a été évaluée sur la demande par lot, le nombre de lots à desservir par section, l'efficacité de distribution (E_d) et l'indice d'occupation du sol moyen (I_s), selon les hypothèses suivantes :

- E_d , rapport entre l'eau pompée et l'eau effectivement distribuée, est égale à 60 % ;
- le est fonction du calendrier cultural établi et des délais entre deux cycles successifs. Il est estimé égal à 65 %.

La mise en regard de ces hypothèses initiales avec la situation actuelle souligne les divergences suivantes, liées tant aux principes de calcul qu'aux évolutions des modes de mise en valeur au sein des périmètres :

- les surfaces irrigables par lot sont hétérogènes (entre 5 et 15 ha à Maniçoba) et plus importantes que prévues (+25 %), du fait de la mise en valeur, souvent illégale, de terres initialement non irrigables ;
- ET_0 a été sous-estimée d'environ 55 % par rapport à la méthode Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), malgré l'existence de données correctes (Hargreaves, 1974), pour des raisons mal élucidées ;
- bien que les assolements aient considérablement évolué, les références locales de K_c pour les cultures fruitières, d'ailleurs peu nombreuses, apparaissent équivalentes ou légèrement plus faibles que celles qui ont été retenues lors de la conception (Rodrigues da Silva, 2000) ; par contre, la canne à sucre consomme nettement plus d'eau en raison de K_c plus élevés (Allen *et al.*, *op.ct.*) ;
- le nombre de lots a augmenté sur certains périmètres (+10 % à Mandacarú) ;
- l'arboriculture fruitière, intercalée ou non avec des cultures à cycle court, occupe le sol toute l'année ; I_s tend alors vers la valeur maximale de 100 % ; dans la zone de canne à sucre, I_s est évalué à 90 % du fait du repos d'un mois entre deux cycles.

L'offre en eau du gestionnaire

Le dimensionnement des canaux et de la station de pompage se fonde sur les hypothèses suivantes de distribution de l'eau :

- pompage : 7 jours par semaine, 18 à 20 heures par jour (Sondotécnica, *op.ct.* ; Medeiros de Barros, 1973 ; Codevasf, 1995) ;
- irrigation des lots de colon : tous les trois jours sur cette plage horaire ;
- irrigation à la demande pour les entreprises.

Ces hypothèses se sont révélées rapidement irréalistes et incompatibles, d'une part, avec les pratiques des usagers et du gestionnaire, d'autre part, avec les évolutions technologiques et organisationnelles des périmètres. La durée d'ensoleillement journalier maximal est de 12 heures dans la région (Teixeira, 1998), ce qui suppose un travail de nuit dans la plage horaire de pompage proposée. La majorité des usagers s'est opposée à cette activité nocturne, pénible en irrigation gravitaire (manipulation de siphons, contrôle de l'irrigation des sillons), et entraînant un surcroît de travail par rapport aux activités diurnes. Les gestionnaires sont alors revenus à une irrigation de jour, sur 10 h quotidiennes.

Le travail de nuit oblige le gestionnaire à augmenter son équipe d'aiguadiers et à les protéger contre l'insécurité régnant sur les périmètres, le tout dans un contexte de contraction budgétaire. Par ailleurs, l'efficacité de distribution diminue en général la nuit car il est plus difficile d'ajuster l'offre, contrôlée manuellement par les aiguadiers, à la demande.

Le tour d'eau sur trois jours s'est également révélé difficile à mettre en oeuvre, car il implique pour un irrigant donné de changer ses jours d'irrigation d'une semaine à l'autre. Cela complique la planification de

ses activités agricoles et l'oblige à travailler certains dimanches, ce qui est socialement mal accepté. Les gestionnaires sont donc passés à une rotation sur deux fois trois jours par semaine, avec dimanche chômé.

Dans ces conditions, l'offre en eau faite aux colons s'est trouvée réduite environ de moitié par rapport aux conditions initiales de conception. Pour compenser partiellement ce manque, des réservoirs collectifs et privés ont été mis en place. Leur remplissage est assuré durant la nuit sous le contrôle de quelques aiguadiers.

Cette analyse montre que les principes de conception adoptés à l'origine de ces projets ont été sérieusement mis à mal par la suite, que ce soit du fait d'utilisation de données fausses ou d'une mauvaise appréciation des évolutions agronomiques des périmètres et des contraintes organisationnelles qu'ils impliquaient. Face aux tensions provoquées par un accroissement de la demande et une diminution de l'offre par rapport aux hypothèses de base, les gestionnaires ont été amenés à s'adapter, en modifiant les modes de distribution de l'eau ou en investissant dans des équipements plus souples.

Ces décisions ont été prises par ajustements successifs, avec tous les risques de conflits et d'erreurs qu'entraîne une mauvaise évaluation des décisions prises et un déficit de planification. Dans ces conditions, il est apparu intéressant de développer un outil qui permette d'améliorer ce processus de réflexion, que ce soit au stade de la conception ou lors de crises et de changements importants dans l'histoire des périmètres.

Modélisation des relations entre offre et demandes en eau

Structure générale

Le modèle proposé vise à aider gestionnaires et agriculteurs à mesurer les conséquences d'un mode d'organisation de la distribution de l'eau sur la satisfaction des demandes et les rendements des cultures, en tenant compte de certains aléas tels que le climat, qui jouera sur la demande, et l'offre en amont du périmètre dont la disponibilité est parfois incertaine. Le modèle est conçu autour de trois modules (Le Gal *et al.*, 2000).

- Le module « offre » 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. A chaque composant sont associées ses caractéristiques hydrauliques et les règles de gestion définissant les volumes d'eau transférables ou stockables.
- Le module « demande » part du principe que les agriculteurs n'irriguent pas nécessairement, ni uniquement, en fonction des besoins en eau des cultures. Il permet de représenter la demande de chaque agriculteur en fonction de sa surface, de son assolement, de ses équipements hydrauliques et de ses règles de gestion de l'irrigation. Ce module reprend le formalisme conçu par Leroy *et al.* (1996) pour modéliser, puis simuler selon différents scénarios climatiques, la demande en eau d'une exploitation à l'aide du logiciel Irma (Labbé *et al.*, 2000).
- Le module « bilan hydrique » met en regard l'apport d'eau issu de la confrontation entre offre et demandes avec les besoins en eau des cultures. Cela permet de calculer un rendement relatif par culture et d'évaluer l'éventualité d'un excès d'eau, avec ses conséquences sur la remontée de la nappe phréatique et sur la salinisation des sols.

L'utilisation de cet outil, en cours de développement, est illustrée à travers le cas d'un canal secondaire relié à une station de pompage, dominant plusieurs lots et bénéficiant d'un réservoir de stockage. L'offre en eau du gestionnaire et les demandes agrégées des agriculteurs ont été simulées pour différents scénarios d'assolement et de techniques d'irrigation. La simulation est effectuée au pas de temps journalier, pour s'aligner sur la réalité opérationnelle et représenter les règles d'ajustement aux événements pluviométriques. La comparaison de l'offre et la demande est faite au pas de temps décadaire, pour s'affranchir de certaines variations journalières difficilement modélisables. Les conséquences de cette comparaison sur les rendements relatifs des cultures ne seront pas présentées ici.

Modélisation de la demande en eau

Une typologie des demandes individuelles

La demande en eau sur le canal est calculée en agrégeant les demandes des lots individuels. Chaque lot se voit attribuer une demande type. Le poids de chaque type est fonction du nombre de lots qui le concerne. D'où :

$$D_{CS} = \sum_{i=1}^n D_{type,i} \cdot x_{type,i}$$

- où D_{CS} : demande agrégée des usagers par canal secondaire (m³/jour) ;
 D_{type} : demande d'un lot type (m³/jour) ;
 x_{type} : nombre de lots correspondant au type ;
n : nombre de types différents sur le canal secondaire.

Cette représentation demande une validation (i) de la typologie des lots, fondée sur le contexte d'action (assolement et superficies irriguées) et le modèle d'action de l'agriculteur (programmation de la conduite de l'irrigation par culture) par type et (ii) une estimation du poids de chaque type sur le canal. Ainsi, la typologie des lots construite sur le canal secondaire CS 201 à Maniçoba, qui dessert 56 colons, s'appuie sur la superficie irriguée totale par lot et la superficie irriguée par culture, en distinguant les trois cultures principales sur le périmètre (mangue, goyave, coco vert) et deux stades physiologiques des vergers (croissance et en production) (tableau II).

Cette classification a l'avantage de s'appuyer sur des variables relativement faciles à obtenir sur le terrain, et parfois déjà disponibles dans les bases de données des périmètres. Mais elle manque d'une dimension fonctionnelle par rapport à des typologies intégrant les stratégies des agriculteurs en matière d'irrigation ou d'assolement (Verbrugge, 2000 ; Jehan, 2000). Il est donc souhaitable d'évaluer les relations entre les critères simples retenus ici et des analyses plus approfondies du comportement des agriculteurs.

Tableau II. Typologie des colons sur le canal Cs 201, en fonction des assolements actuels et d'une augmentation de surface irriguée de 20 %.

Situation actuelle (ha)				Mangue		Goyave		Coco		Poids absolu
Classe	S irrigable	S pluviale (*)	S irriguée	np	p	np	p	np	p	
1	9	9,5	15	-	6	-	5	-	4	4
2	8	4	10	-	3	2	1,5	0,5	3	7
3	7,5	4,5	7,5	-	3	1,5	1,5	-	1,5	27
4	7,5	6	5	-	2	1	1	-	1	18

Augmentation de la superficie irriguée (ha)				Mangue		Goyave		Coco		Poids absolu
Classe	S irrigable	S pluviale (*)	S irriguée	np	p	np	p	np	p	
1	9	9,5	18	2	6	1	5	-	4	4
2	8	4	12	2	3	2	1,5	0,5	3	7
3	7,5	4,5	9	-	3	1,5	1,5	1,5	1,5	27
4	7,5	6	6	1	2	1	1	-	1	18

np : âge non-productif - p : âge productif
(*) : en théorie non-irrigable mais en pratique partiellement irrigué.

Principes d'utilisation du logiciel Irma

Au sein de chaque type, la demande en eau a été modélisée au moyen du logiciel Irma, qui permet de simuler au pas de temps journalier des calendriers d'irrigation sur l'ensemble des parcelles irriguées d'une exploitation, selon différents scénarios climatiques. Le logiciel est construit sur une représentation du contexte et du modèle d'action de l'agriculteur. Le contexte d'action est caractérisé par le système d'irrigation (îlots d'irrigation, ressources, débits, matériels) et les parcelles à irriguer (appartenance à un îlot, dimensions, cultures, sols) de l'exploitation. Le modèle d'action concerne les règles de décision de l'agriculteur pour l'irrigation (définition de blocs gérés de façon homogène, programmes d'irrigation par bloc) et pour l'affectation du matériel.

Alors qu'Irma est conçu à l'origine pour des exploitations individuelles, on a souhaité l'utiliser ici dans un contexte collectif pour passer des demandes en eau de chaque type à la demande agrégée sur le canal. Pour ce faire, le logiciel a d'abord été testé sur trois exploitations étudiées en 1998 et 1999, afin de confronter sa structure à la situation brésilienne. L'adaptation s'est faite essentiellement par rapport au système d'irrigation (gravitaire plutôt qu'aspersion), au type de cultures (pérennes plutôt qu'annuelles) et à la période d'irrigation (toute l'année plutôt qu'une campagne estivale).

Les données d'entrée ont été obtenues par mesures (réserve utile du sol, superficie par parcelle), par observations (équipement d'irrigation, horaire de travail) ou par des entretiens avec l'agriculteur (programme de conduite par culture, ordre de priorité entre parcelles, règles en cas de pluie). Plusieurs problèmes se sont posés :

- certaines données sont indisponibles ou mal connues ; ainsi la station météorologique est éloignée d'une quarantaine de kilomètres, les dates d'installation des cultures annuelles ne sont pas connues précisément, de même que les coefficients cultureux et les profondeurs d'enracinement des cultures pérennes ;
- la validation des sorties d'Irma par comparaison avec les consommations réelles du lot bute sur l'imprécision des mesures réalisées par les aiguadiers, à partir de relevés sur une échelle limnimétrique trois fois par jour et par lot et une estimation des débits utilisés ; le volume consommé est obtenu en multipliant ces débits par la durée d'irrigation ;
- certains aléas journaliers viennent perturber ce processus de validation, tels que des coupures d'eau suite à un non-paiement des factures, le saut d'un tour d'eau suite à l'absence de main-d'œuvre ou, au contraire, la demande d'un jour supplémentaire pour des raisons échappant au programme d'irrigation ; ces décalages concernent 15 à 20 % des jours étudiés.

Pour lisser ces différences journalières, les volumes simulés par Irma pour les années de référence ont été comparés sur une base décadaire avec les volumes réellement consommés. Les résultats pour les lots étudiés montrent alors une adéquation des résultats d'environ 80 %.

Pour passer des cas individuels à la demande agrégée, chaque type défini plus haut a été modélisé et simulé, en adoptant les principes suivants (tableau III et figure 1 pour un exemple) :

- les types diffèrent par leur assolement et leur surface. ; la capacité des équipements d'irrigation (débit du canal parcellaire et nombre de siphons) sont proportionnels à la taille du lot ; le temps disponible quotidiennement pour l'irrigation est identique pour les différents types ;
- l'offre du canal est supposée non limitante pour la définition de la demande, de façon à confronter *in fine* une demande et une offre potentielles ;
- les règles de gestion de l'irrigation par culture au sein du lot, ne varient pas d'un type à l'autre ; les enquêtes conduites sur une trentaine d'exploitations montrent en effet une certaine diversité des règles programmées, mais un nivellement des pratiques liées aux contraintes du tour d'eau (Verbrugge, *op.ct.*) ; chaque culture est donc affectée d'un programme type ;
- en l'absence d'une connaissance précise des dates d'installation et de production des cultures, particulièrement maraîchères, les sorties sont agrégées par décade plutôt que par jour ; les sorties journalières montraient en effet des variations brutales et irréalistes des consommations en eau, de zéro à des valeurs très élevées, dues à une trop grande homogénéité des calendriers cultureux simulés d'un type à l'autre, alors que dans les calendriers réels sont beaucoup plus hétérogènes.

Sur ces bases, la demande agrégée sur le canal peut être calculée selon la formule précédente, pour différents scénarios variant par le contexte d'action des types (culture, superficies), leur modèle d'action (règles de conduite par culture) ou le poids des différents types sur le canal.

Tableau III. Simulation de la demande en eau par Irma pour le type 2 (simplifié).

a. Contexte d'action

sol sablo-limoneux ($RU = 65 \text{ mm}$) ; matériels : siphons (débit total de $110 \text{ m}^3/\text{h}$) ; période d'irrigation du 1/1/99 au 31/12/99.

Parcelle	Superficie (ha)	Culture	Stade	Superficie par position (ha)	Début de cycle
P 1	3	Mangue	Production	0,5	1/1
P 2	1,5	Goyave	Croissance	0,5	1/1
P 3	1,5	Goyave	Production	0,5	1/1
P 4	1,5	Coco vert	Production	0,5	1/1

b. Modèle d'action

Règles de conduite du goyavier en âge productif

Déclenchement	Répétition	Arrêt
Dès que jour > 1/1 et $RU \leq 30 \text{ mm}$	Tant que jour < 31/12 et dès que $RU \leq 30 \text{ mm}$	Jour > 31/12
Dose = 30 mm	Dose = 30 mm	-

Règles de report de l'irrigation après les pluies

Si pluie	journalière sur 2 jours	$\geq 12 \text{ mm}$ $\geq 15 \text{ mm}$	
Attente maximale de 12 jours après une pluie			
pas d'irrigation			

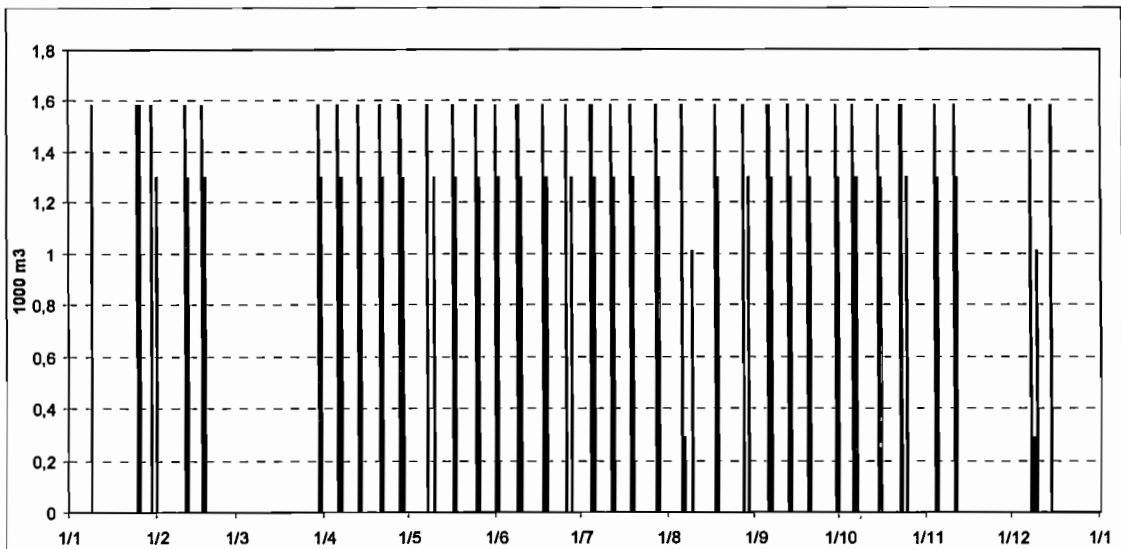


Figure 1. Simulation de la demande en eau du type 2 (m^3/jour - 1999).

Modélisation de l'offre en eau

L'objectif est de simuler l'offre globale au niveau d'un canal secondaire (Cs) sur un pas de temps décadaire. Sur le Cs peuvent se trouver des réservoirs de compensation qui sont généralement remplis la nuit, parfois pendant la journée lorsque la demande est inférieure à l'offre. Les règles de gestion de l'offre sont déterminées par des restrictions structurelles (capacité du réseau, réservoir, maintenance) et organisationnelles (tour d'eau, durée d'irrigation). Dans cette représentation globale, sont exclus les

problèmes posés par le pilotage journalier de l'offre, notamment les temps d'inertie, et par sa répartition entre canaux tertiaires et quaternaires.

L'offre potentielle décadaire d'un canal secondaire (Cs) dépend de l'offre journalière et du nombre de jours irrigables par décade :

$$Offre_{CS} = V_{CS,jour} \cdot n_{jour}$$

où $offre_{CS}$: offre potentielle du CS par décade ($m^3/décade$) ;

$V_{CS,jour}$: offre potentielle du CS par jour ($m^3/jour$) ;

n_{jour} : jours irrigables par décade.

L'offre journalière du Cs dépend de l'offre directe de la station de pompage et de la vidange des réservoirs collectifs sur le Cs. L'offre directe aux usagers dépend des capacités de pompage direct par la station de pompage, de transport par le Cs et de transfert aux lots. Le volume pompé par la station de pompage est composé de la partie destinée au Cs et d'une partie potentiellement déviable vers d'autres canaux, par un système de *by-pass*. Le volume transportable par le Cs dépend de la capacité du canal et du nombre d'heures de pompage.

Le volume en eau transférable aux lots est déterminé par le tour d'eau, caractérisé par le nombre de prises individuelles sur le Cs autorisées à irriguer simultanément, le débit nominal de chaque prise et la durée d'irrigation autorisée :

$$V_{if-lot} = \sum_{i=1}^n Q_{lot,i} \cdot h_{lot}$$

où $Q_{lot,i}$: débit nominal par prise individuelle (m^3/h) ;

h_{lot} : heures d'irrigation autorisées par prise ($h/jour$) ;

n : nombre de prises individuelles sur le Cs autorisées à irriguer par jour.

La vidange des réservoirs collectifs est calculée en fonction des capacités de transport par les Cs, de transfert aux réservoirs et de stockage des réservoirs. On suppose ici que la capacité du canal en aval du réservoir est au maximum égal à la capacité en tête du canal secondaire.

Le taux de couverture de la demande des usagers par l'offre du gestionnaire est calculée en fonction de l'efficacité de distribution du canal secondaire :

$$T_{glob} = E_{CS} \frac{Offre_{CS}}{D_{CS}}$$

où E_{CS} : efficacité de distribution du canal secondaire (%) ;

$offre_{CS}$: offre en eau du canal secondaire ($m^3/décade$) ;

D_{CS} : demande en eau du canal secondaire ($m^3/décade$).

L'efficacité de distribution du canal secondaire (E_{CS}) représente la partie du volume déversé qui est réellement fournie à l'ensemble des lots. A défaut de mesures précises, on se réfère ici aux données globales mensuelles relevées à Maniçoba (bon entretien des canaux, aiguadiers professionnels, bonne coordination), qui varient entre 75 et 75 %, et à Mandacarú (entretien négligé, aiguadiers semi-professionnels), où l'efficacité se situe entre 35 et 50 %.

Compte tenu des marges d'erreur sur l'évaluation des paramètres, seules des tendances peuvent être tirées des simulations. Ainsi une valeur supérieure à 100 % indique que la demande en eau est couverte par l'offre avec une certaine souplesse sur les paramètres du scénario choisi (structure, organisation, niveau d'efficacité). A l'inverse, une valeur inférieure à 100 % signale un risque de tension entre le gestionnaire et les usagers, et la nécessité de revoir certains paramètres du système.

Exemples de simulations

Les scénarios retenus à titre d'exemple sont simulés en période de pointe (saison sèche de mai à novembre 1999), avec deux hypothèses sur la demande en eau, (a) la demande actuelle, (b) une

augmentation de 20 % de la superficie irriguée, et trois types d'offres en eau : (A) alimentation uniquement par pompe pendant 18 heures par jour, soit l'offre planifiée par les concepteurs du projet ; (B) alimentation par pompe, complétée par le réservoir et par le *by-pass* pendant 10 heures par jour, soit l'offre actuelle et (C) le système précédent pendant 12 heures par jour (tableau IV).

On constate que, si l'offre potentielle actuelle (scénario B) permet de couvrir la demande actuelle, sa marge de manoeuvre est néanmoins minime (figure 2). D'autant que la durabilité de cette offre paraît compromise par l'utilisation incertaine du *by-pass*, conçu à l'origine pour pallier des déficits ponctuels et non pour une utilisation constante, alors que les demandes des s usagers vont en augmentant.

Pour la même offre (scénario B), une augmentation de la superficie irriguée entraînerait un déficit de l'offre supérieur à 10 % (figure 3), qui concernerait 73 ha de vergers pendant au moins un quart de la période de pointe. Pour limiter ce déficit, il est possible de rallonger la durée d'irrigation (scénario C). Mais cela suppose que les agriculteurs acceptent d'être présents plus longtemps sur le périmètre, voire de travailler de nuit.

Ces exemples simples permettent d'illustrer l'intérêt du modèle pour combiner une réflexion sur l'offre du gestionnaire et ses conséquences sur les comportements attendus ou espérés des agriculteurs. Les marges de manoeuvre étant à rechercher chez ces deux types d'acteurs, la démarche se positionne clairement à leur interface et vise à faciliter leurs processus de négociation. Cet objectif sera évalué dans la poursuite de cette intervention, à travers des scénarios plus complexes simulés sur les deux périmètres étudiés.

Tableau IV. Trois scénarios d'organisation de l'offre en eau.

	Pompe		By-pass		Réservoir	
	m³/h	h/jour	m³/h	h/jour	m³/h	h/jour
Scénario A conception	1 830	18	-	-	-	-
Scénario B actuel	1 830	10	330	10	235	10
Scénario C hypothétique	1 830	12	330	12	235	12

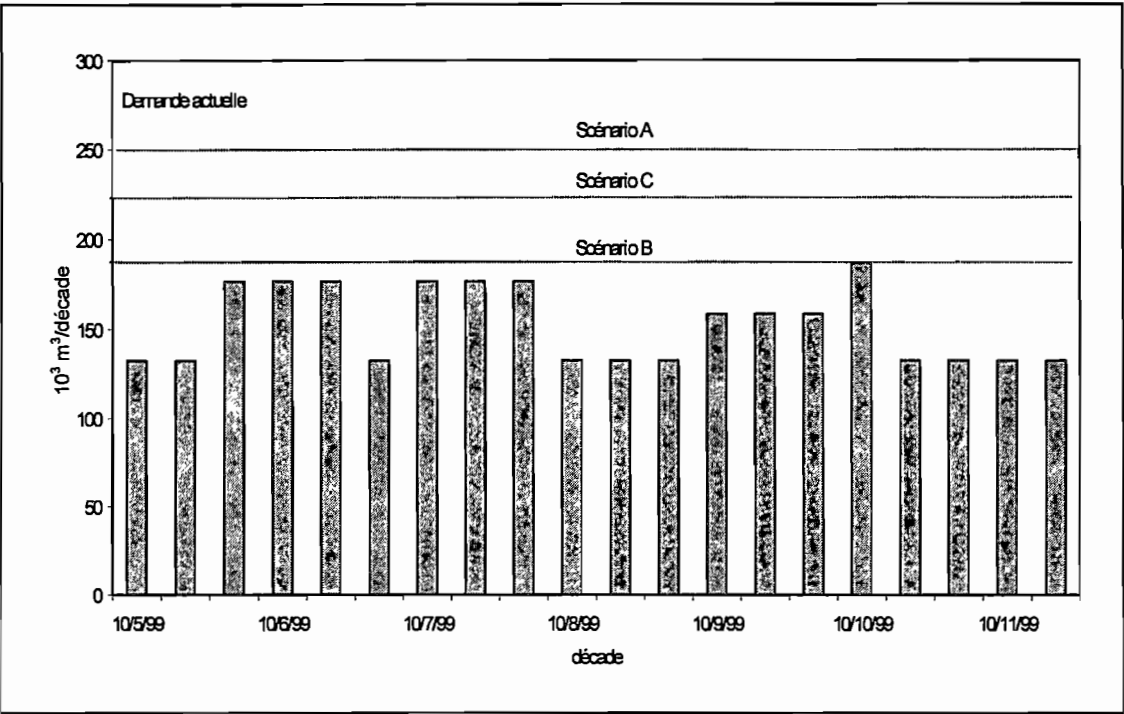


Figure 2. Comparaison de scénarios d'offre en eau (A,B et C) face à la demande actuelle au pas de temps décadaire.

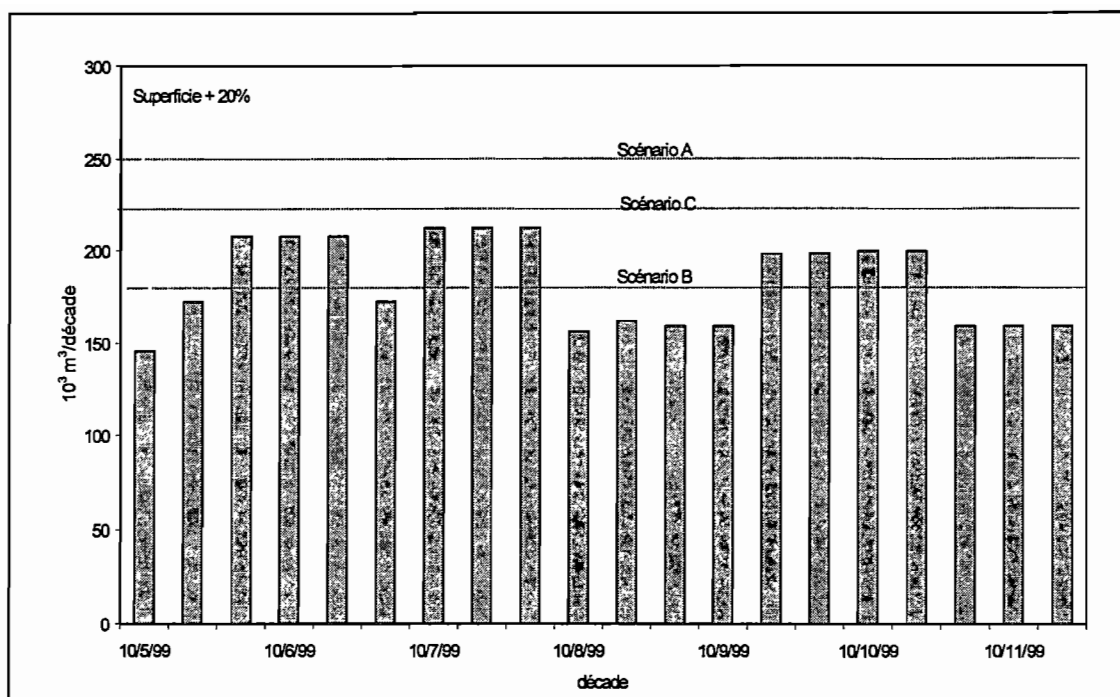


Figure 3. Comparaison de scénarios d'offre en eau (A,B et C) en cas d'accroissement de la superficie de 20% au pas de temps décadaire.

Conclusions et perspectives

Dans sa structure actuelle, la modélisation adoptée permet de simuler avec une certaine précision par rapport à la réalité, différents scénarios d'offre et de demandes en eau sur un périmètre irrigué, dans l'objectif d'aider gestionnaires et usagers à réfléchir à de nouvelles formes d'organisation ou d'investissements en fonction de l'aléa climatique (prise en compte d'années types, sèches et humides). Le modèle s'adapte à des cas spécifiques, sous réserve de l'existence des données nécessaires pour le paramétrer. Le degré de précision décadaire des sorties paraît suffisant pour définir les ordres de grandeur sur lesquels la discussion pourra s'engager et les idées de scénarios germer.

Les premières réactions enregistrées lors de son utilisation sur le périmètre de Maniçoba, montrent tout d'abord l'intérêt de la démarche pour amener les acteurs à renouveler leurs représentations des processus de gestion de l'irrigation. Ainsi les gestionnaires sont informés des modalités par lesquelles les agriculteurs construisent leurs demandes réelles en eau, souvent bien éloignées des manuels hydrauliques et agronomiques. Mais à l'inverse, les producteurs ont l'occasion de confronter leurs pratiques d'irrigation aux connaissances sur les besoins en eau des cultures ou sur l'incidence des remontées capillaires en provenance des nappes superficielles présentes dans leurs lots. Les problèmes de pilotage de l'irrigation peuvent alors être soulevés et discutés à cette occasion, aux différentes échelles où ils se posent : parcelle, lot et réseau hydraulique.

Au-delà de ces aspects de formation mutuelle, les discussions prennent une dimension plus stratégique. Les acteurs relient en effet ces questions d'ordre hydraulique aux problèmes financiers et économiques générés par un changement dans le service de l'eau. Quelles incidences en attendre sur les coûts d'investissement et de fonctionnement ? Quels seront les effets d'un changement de tarification sur la demande en eau des agriculteurs ? Ces relations entre les différentes composantes du système « périmètre irrigué » amèneront à l'avenir à coupler cette approche hydraulique avec une approche économique développée parallèlement (Le Gal et al., 2002). C'est également dans ce cadre intégrateur que sera envisagée l'utilisation de la démarche comme une aide à la conception, destinée cette fois-ci aux ingénieurs et techniciens chargés de cette étape cruciale dans la vie d'un périmètre irrigué. Cette évolution s'accompagnera d'une réflexion sur la transférabilité des outils jusqu'ici développés et utilisés par les chercheurs.

Bibliographie

- ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M., 1998. Crop evapotranspiration. Rome, Italie, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 300 p.
- BARRETEAU O., BOUSQUET F. 1998. Shadoc : un système multi-agent représentant les modes d'organisation dans un système irrigué. *In* L'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde. Colloque SFER, 19-20 novembre 1998, Montpellier.
- CODEVASF, 1995. Projeto Salitre. Elaboração do projeto básico. Consórcio JP – ENCO – TAHAL. 203 p
- CORREA J.B., 1996. Distritos de irrigação : a experiência da CODEVASF. *In* Workshop sobre Modelos de Gerenciamentos de Áreas irrigadas. Brasília, Brésil, IICA, 6 p.
- Da CUNHA REBOUÇAS A., MARINHO M.E., 1972. Hidrologia das secas – Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 126 p.
- DIEMER G., HUIBERS F.P., 1996. Crops, people and irrigation. Water allocation practices of farmers and engineers. Intermediate Technology Publications Ltd. 155 p.
- HARGREAVES G.H., 1974. Potential evapotranspiration and irrigation requirements for northeast Brazil. Utah State University, 56 p.
- HORST L., 1998. The Dilemmas of Water Division. International Water Management Institute. Wageningen Agricultural University, 123 p.
- ITIER B., MARAUX F., RUELLE P., DEUMIER J.M. 1996. Applicability and limitations of irrigation scheduling methods and techniques. *In* Irrigation scheduling : from theory to practice. Rome, Italy, FAO Water Reports 8, p. 19-32.
- JEHAN C., 2000. Stratégies des producteurs individuels et gestion des exploitations agricoles : exemple de deux périmètres irrigués collectif au Brésil. Mémoire DAA. Paris, France, Ina-Pg, 59 p.
- LABBE F., RUELLE P., GARIN P., LEROY P., 2000. Modelling irrigation scheduling to analyse water management at farm level, during water shortages. *European Journal of Agronomy*, 12 : 55-67.
- LAMACQ S., 1997. Coordination entre l'offre et la demande en eau sur un périmètre irrigué. Des scénarios, des systèmes, des hommes. Thèse de doctorat, ENGREF, 134 p.
- LE GAL P.-Y., de NYS E., PASSOUANT M., RAES D., RIEU T., 2000. Recherche-intervention, modélisation et aide à la décision collective : application à la gestion des périmètres irrigués. *In* Le pilotage des agro-écosystèmes : complémentarités terrain-modélisation et aide à la décision. Montpellier, France, Cirad, 31/8/2000.
- LE GAL P.-Y., RIEU T., GARCIA R., FALL CH., de NYS E. Apports de la simulation pour l'aide au choix d'un système tarifaire sur les périmètres irrigués. Séminaire Pcsi , « La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du 21^{ème} siècle : enjeux, problèmes, démarches », Montpellier, 3-4 janvier 2001.
- LEROY P., BALAS B., DEUMIER J.-M., JACQUIN C., PLAUBORG F., 1996. Water management at farm level. Final Report 1991-1995 of EU CAMAR Project : The management of limited resources in water and their agroeconomical consequences. Chapter IV, 89-151.
- MARTINEZ R., ARTEAGA R., SANCHEZ R. 1996. A computer programme for Irrigation Scheduling. *In* 1996 International Conference Computers in Agriculture, 11-14 juin 1996, Cancun, Mexico.
- MARINOZZI G., 2000. Stratégies collectives et dispositifs de commercialisation : l'essor de la fruticulture irriguée à Juazeiro Petrolina (Nordeste du Brésil). Thèse Doctorat, INP Toulouse, 293 p.
- MEDEIROS de BARROS G., 1973. Informações sobre o projeto piloto de irrigação de Mandacarú. SUDENE – IICA – CIDIAT, 42 p.
- MONTGINOUL M., 1997. Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation : des instruments, de l'information et des acteurs. Thèse Doctorat, Cemagref, UM I, Montpellier, 282 p. + annexes.

- NOËL A., 1995. Les stratégies collectives de la gestion de l'eau dans les périmètres irrigués : étude de cas à Petrolina et Juazeiro (Nordeste, Brésil). Mémoire Dea Essor, Ensar – Utm – Enfa. 65 p.
- RAES D., LEMMENS H., Van AELST P., VANDEN BULCKE M., SMITH M., 1988. IRSIS irrigation scheduling information system. Volume 1 – Manual, 119 p.
- REY J., 1996. Apport de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués : comment mieux piloter la production ? Thèse de Doctorat en Ingénierie et Gestion de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre de Gestion Scientifique. 177 p.
- RODRIGUES da SILVA, V. de PAULO. 2000. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. Tese de doutorado em recursos naturais. Universidade Federal de Paraíba Campus II – Campina Grande. 129 p.
- SMITH, M., 1992. CROPWAT un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation. Rome, Italie, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 46, 133 p.
- SONDOTECNICA, 1975. Projeto Maniçoba Volume I, Descrição das obras e orçamento. Ministério do Interior, SUVALE, 117 p + annexes.
- TEIXEIRA, A.H. 1998. Influência do Rio São Francisco no microclima de suas margens. Embrapa/Cpatsa, Petrolina-PE. 6 p.
- VERBRUGGE H., 2000. Karakterisering en evaluatie van de watervraag van landbouwers op collectieve irrigatie-perimeters in noordoost - Brazilië. KU Leuven, 109 p.

Thème 3

Tarification et durabilité des aménagements

Les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des associations syndicales autorisées

Une gestion optimale non durable

Sébastien LOUBIER

Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

Résumé — Face à la prévision de la demande alimentaire mondiale et alors que les Etats souhaitent partiellement se désengager du secteur de l'hydraulique agricole, la durabilité économique des réseaux d'irrigation risque de ne pas être assurée. L'analyse des modes de gestion des Asa, permet de mettre en évidence certaines limites des vastes programmes engagés à travers le monde visant à rétrocéder la gestion des équipements aux associations d'usagers. Cet article montre pourquoi le choix de politiques de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements des Asa, tout en étant optimal, n'est pas pour autant durable. Après avoir présenté quelques facteurs explicatifs du choix de politiques de gestion de court terme, nous présentons un modèle inter temporel d'arbitrage entre emprunt et autofinancement. Ce modèle repose sur des caractéristiques macroéconomiques (taux d'inflation, taux d'actualisation et taux d'intérêt des emprunts et de l'épargne) et permet de montrer que les choix de politiques de gestion de court terme sont parfaitement rationnels et optimaux du point de vue des gestionnaires.

Abstract — **Financing strategies for the maintenance and renewal of equipment managed by French water users' associations.** The economic viability of irrigation networks may not be secure given the forecast of world food demand and the fact that States would like to withdraw partially from the agricultural water sector. The analysis of the management methods used by French water users' associations highlights some of the limitations of the huge programmes which have been undertaken throughout the world that aim to hand over the management of equipment to user associations. This article shows why the associations' choice of policy for financing the maintenance and renewal of equipment is not sustainable despite the fact that it is optimal. Some of the factors that explain the choice of short-term management policies are discussed. Then, an inter-temporal arbitration model between borrowing and self-financing is presented. This model is based on macro-economic characteristics (inflation rate, net present value rate, interest rates for borrowing and saving). It shows that the short-term policy choices for management are perfectly rational and optimal from the managers' point of view.

Introduction

En 40 ans, la superficie mondiale irrigable a triplé (Dinar et Subramanian, 1997). Elle représente aujourd'hui 1/6 de la Sau et fournit 1/3 de l'offre alimentaire. En 1994, Waggoner estimait qu'au cours des 25 années passées, 50 % de la hausse de production alimentaire étaient venus de terres irriguées. Et en 1996, la Fao prévoyait qu'au cours de la première moitié du 21^e siècle, 60 % des nouveaux besoins devraient être satisfaits par l'agriculture irriguée.

Il ne fait donc aucun doute que l'irrigation jouera, comme par le passé, un rôle majeur dans la satisfaction des besoins alimentaires des populations. Au-delà de l'opportunité de créer de nouveaux périmètres irrigués de plus en plus coûteux, il est dans l'intérêt de tous que le « capital réseaux » actuel soit géré durablement. Les choix de politiques de maintenance et de renouvellement d'aujourd'hui ne doivent pas compromettre les capacités des futures générations de gestionnaires et d'irrigants à satisfaire leurs besoins.

Par le passé, les réseaux d'irrigation ont souvent été traités comme des biens publics et financés par des fonds publics. Mais on assiste aujourd'hui à un désengagement progressif des gouvernements du secteur de l'hydraulique agricole. Dans beaucoup de pays, ce désengagement se traduit par une rétrocession des équipements à des associations d'usagers. La question est de savoir si ces dernières pourront ou auront intérêt à gérer durablement les infrastructures. Conscients du risque que cela représente, beaucoup de travaux sont actuellement menés sur ce sujet et concluent à l'impérieuse nécessité de mettre en place des programmes de gestion patrimoniale¹ (*Asset Management Programme* : Amp). Un Amp est « une stratégie pour la création ou l'acquisition, la maintenance, l'exploitation, la réhabilitation, la modernisation et le renouvellement des biens d'équipement pour l'irrigation afin de fournir un niveau de service convenable au moindre coût et durablement² » (Van Hofwegen et Malano, 1997). La mise en place d'Amp, fournissant des informations sur les profils d'investissements et donc sur le montant annuel à provisionner pour l'inclure dans les charges (Moorhouse, 1999 ; Van Hofwegen, 1999), est une condition nécessaire pour tendre vers l'autonomie financière. En déterminant le coût actuel de maintien à long terme des équipements, on peut être avisé du revenu nécessaire pour garantir la durabilité des infrastructures mais également mettre en évidence l'inadéquation du recouvrement actuel des coûts (Brewer et Sakthivadivel, 1999 ; Gleyses et Loubier, 2000). Des plans d'amortissement permettraient donc de prendre en compte la consommation actuelle de capital et de stabiliser les variations inter temporelles des tarifs répondant ainsi aux attentes de la plupart des usagers (Van Hofwegen, 1999).

Mais, l'horizon temporel des agriculteurs est généralement plus court que la durée de vie des principaux équipements (Malano et al., 1999) et les gestionnaires ont naturellement tendance à opter pour des stratégies de gestion et donc de financement, privilégiant le court terme (Loubier, 1998). En effet, l'utilité d'un entretien régulier et de bonne qualité leur est parfois difficile à appréhender, tant que l'ouvrage reste opérationnel. A fortiori, dans un contexte d'incertitude sur le devenir de leurs exploitations, ils ont peine à se placer dans une optique à long terme pour assurer la pérennité des aménagements (Plantey, 1999) et donc anticiper la charge des renouvellements futurs.

Le cas des associations syndicales autorisées

En France, la superficie irriguée a augmenté entre 1988 et 1995 de 41 %³ pour atteindre 1,62 million d'hectares (Janin, 1996 ; 1997). 20 % de cette superficie est irriguée à partir de réseaux collectifs gérés par des Associations syndicales autorisées (Asa) (Janin, 1996 ; 1997 ; Garin et Platon, 1998 ; Gleyses, 2000).

Dans le contexte international que nous venons de décrire, l'analyse des Asa, aux statuts datant de plus d'un siècle, peut servir de cadre d'analyse prospective pour certains types d'associations d'usagers à travers le monde.

Ces associations d'usagers « à la française » sont des groupements de propriétaires intéressés par l'exécution et l'entretien à frais commun de travaux d'irrigation, elles sont régies par deux textes fondateurs⁴ et sont caractérisées par deux éléments essentiels : les droits d'accès au réseau sont attachés à la parcelle et non à son propriétaire, et au regard de la loi, elles sont considérées comme des établissements publics⁵. A ce titre, elles sont soumises aux mêmes règles budgétaires et comptables que les communes c'est-à-dire la faculté mais pas l'obligation d'amortir leurs équipements et l'obligation de déposer leurs fonds au Trésor Public sans possibilité de rémunération de ces capitaux oisifs (JO, 1941).

1. Van Hofwegen et Malano, 1997 ; Plantey, 1998 ; Brewer et Sakthivadivel, 1999 ; Burton et Hall, 1999 ; Malano et al., 1999 ; Moorhouse, 1999 ; Plantey, 1999 ; Van Hofwegen, 1999.

2. " ... a strategy for the creation or acquisition, maintenance, operation, rehabilitation, modernisation and disposal of irrigation and drainage assets to provide an agreed level of service in the most cost effective and sustainable manner".

3. et de 92 % entre 1970 et 1988 (Janin, 1992).

4. Loi plusieurs fois modifiée du 21 Juin 1865 et décret d'application du 18 Décembre 1927 (Lefevre, 1996).

5. Les ASA sont des établissements publics administratifs non locaux : Arrêt Tatin (Conseil d'Etat, 1995).

Par le passé, les Asa ont bénéficié d'importantes subventions pour les investissements initiaux⁶ ou pour réhabiliter les ouvrages⁷. Aujourd'hui, la tendance est à la réduction des aides en hydraulique agricole. Les traditionnels bailleurs de fonds souhaiteraient s'assurer de la durabilité de ces infrastructures pour établir une certaine équité intergénérationnelle dans le bénéfice des aides initiales, réduire ou transférer une partie des budgets publics et faire payer le coût réel de mobilisation à ceux qui bénéficient directement du service afin que le prix puisse jouer son rôle d'indicateur de rareté de la ressource.

Du point de vue de l'Etat, il serait donc souhaitable que les Asa provisionnent régulièrement une partie du budget pour faire face d'une part au renouvellement des équipements⁸ et d'autre part à la croissance des dépenses de maintenance. Cette stratégie de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements correspond à une stratégie de gestion dépassant les intérêts de court terme et que l'on peut qualifier de durable sous réserve qu'elle soit acceptable pour les usagers.

Bien que le point de vue de l'Etat soit assez explicite, les Asa semblent ne pas en tenir compte et perpétuent leurs anciennes stratégies de gestion fondées sur des considérations de court terme. Cette occultation du futur semble à priori irrationnelle.

Pourquoi dans ce contexte, les gestionnaires n'optent-ils pas pour une pratique régulière de provisions ? Ce comportement est d'autant moins compréhensible que les Asa d'irrigation sous pression, créées dans les années 80, entrent aujourd'hui, pour la plupart d'entre elles, dans une phase de relative liberté financière. En effet, dès que les emprunts initiaux sont échus, il leur est possible, sans accroître le niveau de la tarification⁹, de transférer tout ou partie du montant des remboursements d'emprunts pour constituer une provision.

Avant d'exposer le modèle d'arbitrage entre emprunt et autofinancement qui explique en partie le choix de politiques de financement selon la rationalité des gestionnaires, on présentera une typologie des provisions réalisables et des stratégies de financement qui en découlent, et quelques facteurs explicatifs du choix de stratégies de court et moyen terme.

Typologie des provisions et des stratégies de financement

Les Asa ne sont ni contraintes de pratiquer l'amortissement de leurs équipements ni autorisées à placer d'éventuels excédents sur un compte rémunéré. Dans ce contexte, les provisions qui pourraient être dégagées peuvent être utilisées soit à court ou moyen terme, soit à long terme.

Les provisions pour des usages à court ou moyen terme

Ce sont les provisions utilisées pour la maintenance, les variations de la demande et les risques d'impayés.

On distingue deux catégories de provision pour maintenance. Celles qui serviront à ne pas déstabiliser la tarification suite à l'évolution tendancielle des dépenses de maintenance corrective (Verdier et Millo, 1992 ; Tiercelin, 1998) dont l'usage est régulièrement croissant sur la durée de vie des équipements et celles qui sont destinées à faire face à une défaillance soudaine et imprévisible.

Les provisions pour variation de la demande sont destinées à absorber les écarts budgétaires inter annuels. La demande en eau est fonction du climat de l'année en cours alors que le budget est élaboré l'année précédente en se basant sur les demandes moyennes historiques (les 5 dernières années par exemple) (Van Hofwegen, 1999). Par conséquent, rien ne garantit que le budget primitif permette de faire face aux dépenses réelles de l'exercice. Cet écart entre budget primitif et définitif, peut s'accroître et mettre l'Asa dans une situation financière délicate lorsqu'elle opte pour une tarification variable ou binomiale mal adaptée¹⁰ (Moorhouse, 1999).

6. C'est le cas essentiellement des réseaux d'irrigation sous pression qui se sont régulièrement développés depuis la fin des années soixante. Le taux de financement public des investissements initiaux étant généralement compris entre 60 et 80 %, voire localement plus.

7. Cas de réseaux d'irrigation gravitaires anciens.

8. C'est-à-dire à la consommation actuelle de capital fixe.

9. Même en baissant la tarification d'un montant inférieur à la totalité des annuités d'emprunt de la période précédente.

10. Incorporation d'une partie des charges fixes dans le terme variable du tarif.

Les retards ou défauts de paiement peuvent également représenter un risque budgétaire majeur pour l'Asa. Ce risque justifie à nouveau la constitution de réserves. Le montant de cette réserve devra être d'autant plus élevé qu'une superficie importante est détenue par le même usager. Une enquête effectuée par le Cemagref en 1998 et portant sur 83 Asa montre que 38 % d'entre elles ont à faire face à des retards de paiements (Gleyses, 1998).

Les provisions pour des usages à long terme

Ce sont les provisions pour le renouvellement, la réhabilitation ou la modernisation des équipements. On parle souvent d’amortissement technique linéaire des équipements mais, dans la pratique, le gestionnaire peut tout à fait provisionner chaque année le montant qu’il souhaite. La durée de vie des équipements étant incertaine, le calcul des dotations est délicat. De surcroît, même en univers certain, ces dotations subissent l’inflation jusqu’à leur usage puisqu’il n’est pas possible de les placer. Dans ces conditions, une provision effectuée aujourd’hui pour un usage dans 20 ans perd le quart de sa valeur avec une inflation à 1,5 % alors qu’un placement à 3 % permettrait de l’accroître d’un tiers.

Les travaux antérieurs ont montré quelles pouvaient être les stratégies de gestion des Asa en termes de maintenance (qualitative et quantitative) et de pratiques de provisions. Sans revenir ici sur le choix de politiques qualitatives et quantitatives de maintenance, cet article s'intéresse aux choix de politiques de financement¹¹ uniquement et tente d’expliquer pourquoi en matière de provisions, aucun gestionnaire n’opte pour une stratégie de long terme, lui préférant des stratégies de court voire moyen terme. La réalisation ou non de provisions destinées aux usages décrits précédemment permet d'opérer une typologie des stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements (tableau I).

Jamais, il n'a été rencontré d'Asa ayant opté pour une stratégie de financement de long terme, c'est-à-dire qu'aucune ne provisionne pour le renouvellement de ses équipements. Toutes ont des stratégies de court ou plus marginalement de moyen terme (provisions représentant d'un demi à un budget annuel).

Tableau I. Les stratégies de financement (oui = réalisation de provisions, non = absence).

Stratégies de financement	Provisions pour maintenance, impayés et variation de la demande	Provisions pour renouvellement
Court terme	Non	Non
Moyen terme	Oui	Non
Long terme	Oui	Oui

Quelques facteurs explicatifs des stratégies de court et moyen terme

On peut avancer quelques facteurs explicatifs des choix de stratégies de financement de court ou moyen terme (Garin *et al.*, 2001) (figure 1).

L’explication centrale est d’ordre psychologique et économique. Les gestionnaires de réseaux, comme la plupart des agents économiques ont une préférence naturelle pour le présent et cette préférence est d'autant plus prononcée que la demande future en eau pour l'irrigation est incertaine. Ces deux premiers facteurs peuvent être regroupés et être gérés à travers le taux d'actualisation.

Le troisième facteur explicatif est de nature juridique, les Asa n’ayant aucune liberté de placement de leurs fonds qui sont déposés au trésor public. Dans le cadre de notre modèle, cela se traduit par un taux de rémunération de l'épargne nul ($s = 0$).

Une explication plus technique est relative à l’incertitude ou à la méconnaissance des durées de vie restantes des équipements (D) et du taux de croissance de leurs coûts de maintenance. On note également qu'il est extrêmement difficile d'évaluer les effets d'une politique de maintenance sur le pan technique. A cette difficulté s'ajoute le manque d'information et de formation destinées aux gestionnaires pour les sensibiliser à ce sujet.

11. Bien que les deux politiques soient liées.

En matière de gestion, il faut également noter une absence de système d'informations dans la quasi-totalité des Asa, ce qui est un frein absolu à la mise en place d'Amp et donc à une gestion « durable ».

Une explication plus sociologique est la réduction puis la disparition progressive des membres fondateurs de l'Asa. Ce dernier facteur peut dans une certaine mesure être pris en compte dans l'analyse économique via le taux d'actualisation.

La dernière explication est d'ordre politique et historique. Les gestionnaires semblant avoir une confiance aveugle en l'inertie des politiques publiques passées. De plus, historiquement, les Asa n'ont aucune expérience en matière d'élaboration de plans de financement n'y ayant jamais été contraintes ni par les politiques publiques passées ni par la loi qui occulte totalement le problème du renouvellement des équipements.

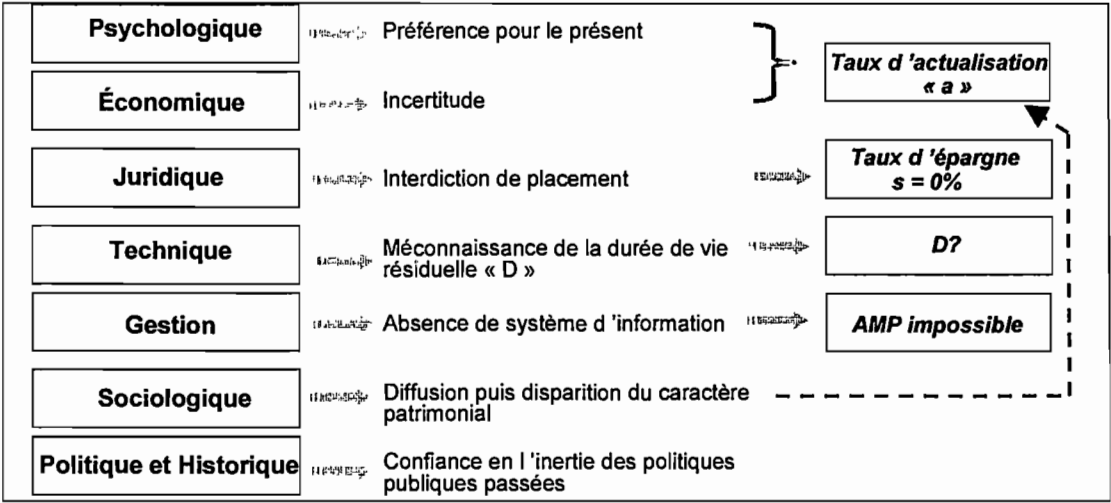


Figure 1. Les déterminants des politiques de financement.

Un modèle déterministe d'arbitrage intertemporel entre autofinancement et emprunt

Le modèle présenté repose sur les trois premiers déterminants des stratégies de financement de court ou moyen terme : psychologique, économique et juridique. Il apparaît que les choix de court ou moyen terme sont rationnels et optimaux du point de vue des gestionnaires. C'est-à-dire qu'ils peuvent avoir intérêt à ne pas provisionner et avoir recours à l'emprunt le moment venu si nécessaire (Fndae, 1994).

Considérons les variables suivantes :

- i : taux d'intérêt des emprunts ;
- s : taux de rémunération de l'épargne ;
- a : taux d'actualisation ;
- r : taux d'inflation ;
- P : montant de la provision ;
- T_p : date de réalisation de la provision, $0 \leq T_p \leq D$;
- I : montant des investissements à réaliser en D ;
- N : durée d'emprunt ;
- D : durée de vie restante.

On attribue comme variable le taux d'épargne, bien que les Asa n'aient pas la possibilité de placer leur argent sur un compte rémunéré, simplement pour démontrer le frein que cela représente en termes de provisions pour le renouvellement des équipements, c'est-à-dire en termes de durabilité ou de pérennité des aménagements.

Le modèle suivant permet d'opérer des choix intertemporels entre le recours à l'emprunt en année « D » et la réalisation d'une provision d'un montant « P » en année « T_p ». L'objectif est de répondre aux deux questions suivantes. Quelle est la date optimale de thésaurisation (T_p^*) pour laquelle le coût total de la politique de financement est minimale ? Et quelle est la date équivalente (T_p') pour laquelle le coût total actuel de la politique de provision est égal au coût du recours exclusif à l'emprunt ?

Formulation générale

Pour déterminer P^* et P' , on écrit l'équation de la fonction de coût total actualisé (CT), qui se compose du coût actualisé de la provision (CP) et du coût actualisé du recours à l'emprunt (CE) qu'il sera nécessaire de contracter si la valeur de la provision en D est inférieure au montant de l'investissement « I » à réaliser (avec KXY le coût en année D de la somme des annuités d'emprunt) :

$$CE = \frac{KXY}{(1+a)^D}$$

- K est le capital emprunté en année D ou le besoin de financement, il est donc égal au montant de l'investissement moins la valeur de la provision en année D (P_D). Cette dernière a subi l'inflation, mais a pu être placée au taux de rémunération de l'épargne « s » :

$$K = I - P_D = I - P \left(\frac{1+s}{1+r} \right)^{D-T_p}$$

- X est l'expression d'une annuité constante d'emprunt d'un montant unitaire réalisé sur N années au taux « i » :

$$X = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

- Y est l'expression d'une somme d'annuités unitaires, actualisées et remboursées en monnaie dépréciée. En effet, compte tenu de l'érosion monétaire, le gestionnaire remboursera ces annuités en monnaie dépréciée et ce d'autant plus que l'on se rapprochera de la dernière échéance. De plus, indépendamment de cette caractéristique macroéconomique, le gestionnaire a spontanément une préférence pour le présent, et il accordera une moindre importance aux dernières annuités qu'aux premières. La conjugaison de ces deux phénomènes fait qu'en année D, la somme des annuités d'emprunt diffère du simple produit (NXK) :

$$Y = \sum_{t=D+1}^{t=D+N} \frac{1}{(1+a)^t (1+r)^t}$$

$$Y = \frac{[(1+a)^N (1+r)^N - 1]}{(1+a)^N (1+r)^N [(1+a)(1+r) - 1]}$$

X et Y étant indépendants de T, l'expression du coût total est de la forme :

$$CT = \frac{P}{(1+a)^{T_p}} + \frac{XYI}{(1+a)^D} - \frac{XYP(1+s)^{D-T_p}}{(1+a)^D (1+r)^{D-T_p}}$$

$$CT = (1) + (2) - (3)$$

On note que (2), qui est l'expression du coût actualisé du recours à l'emprunt pour un capital emprunté correspondant à la totalité de l'investissement I, est indépendant de T_p ; (1) représente le coût actuel de la provision ; (3) est l'expression de la valeur actuelle de l'économie d'emprunt réalisée grâce à la provision ; (1) + (3) représente donc le coût total actuel de la politique de provision (CPP). La recherche de T_p^* consiste donc à minimiser le CPP, et la recherche de T_p' à l'annuler :

$$CPP = P \left[\frac{1}{(1+a)^{T_p}} - \frac{XYZ^{D-T_p}}{(1+a)^{T_p}} \right]$$

$$\text{avec } Z = \frac{(1+s)}{(1+a)(1+r)}$$

Il est intéressant de constater que les solutions T_p^* et T_p' seront obtenues indépendamment du montant P provisionné.

Le domaine de définition

Il n'est cependant pas nécessaire d'utiliser ce modèle d'arbitrage dans tous les cas. En effet, selon les valeurs relatives de i , a , r et s et quels que soient D et N , il peut être préférable soit de toujours avoir recours à l'emprunt ($CPP > 0$), soit d'avoir toujours recours à la thésaurisation ($CPP < 0$) sur la période $T_p \in [0 ; D]$. L'arbre de décision ou le domaine de définition suivant permet de déterminer les stratégies optimales.

Conditions		CPP pour $T \in [0 ; D] \quad \forall N, D$		Stratégie optimale
$i < s$	$a + r + ra \leq i \rightarrow$	-	(a)	Thésaurisation
	$i < a + r + ra < s \rightarrow$	+/-	(b)	Arbitrage
	$a + r + ra \geq s \rightarrow$	+	(c)	Emprunt
$i = s$	$a + r + ra < s \rightarrow$	-	(d)	Thésaurisation
	$a + r + ra = s \rightarrow$	0	(e)	Indifférence
	$a + r + ra > s \rightarrow$	+	(f)	Emprunt
$i > s$	$s \geq a + r + ra \rightarrow$	-	(g)	Thésaurisation
	$s < a + r + ra < i \rightarrow$	+/-	(h)	Arbitrage
	$i \leq a + r + ra \rightarrow$	+	(i)	Emprunt

Pour les cas de figure (c), (f) et (i), il est toujours préférable d'avoir recours à l'emprunt plutôt que de provisionner. A l'inverse, pour les cas (a), (d) et (g), le coût total de la politique de provision étant toujours négatif, il est préférable d'effectuer une provision entre 0 et D et la provision qui procurera le plus d'avantage est la première effectuée (en année 0).

Le modèle d'arbitrage entre emprunt et thésaurisation n'est donc utile que dans les cas de figure (h) et (b) (figure 2). Le cas (b) correspond à une situation où le taux d'intérêt des emprunts est inférieur au taux de rémunération de l'épargne ce qui est généralement faux sauf dans le cas où les gestionnaires aiment prendre des risques (hypothèse encore peu probable puisque ces derniers sont généralement agriculteurs, hostiles aux risques lorsqu'il s'agit de gérer leur exploitation). Cette situation est d'autant plus étrange que la stratégie de provision n'est bénéfique que de la date 0 à la date T_p' . Au-delà, il n'est pas souhaitable de thésauriser.

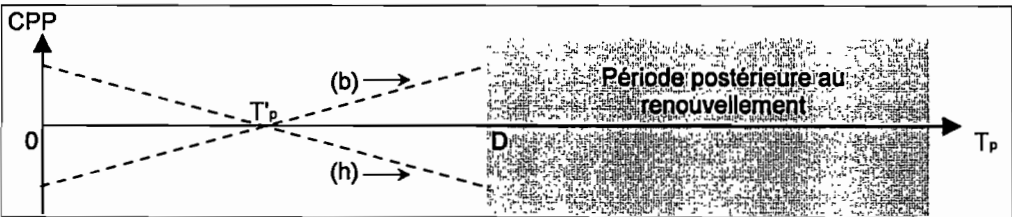


Figure 2. Evolution du CPP et détermination de T_p' .

Le cas de figure (h) est plus probable que le précédent car $i > s$. Le gestionnaire n'aura intérêt à provisionner qu'à partir de l'année T_p' , date à laquelle l'économie d'emprunt que permet de réaliser la provision est égale à son coût. On note également que la provision qui permet de minimiser le CPP est la dernière effectuée.

En se plaçant dans la situation qui semble la plus réaliste (h), on cherche l'expression de la solution équivalente T_p' . La solution optimale T_p^* , on l'a vu, correspond toujours à D.

Recherche de T_p'

T_p' est la date pour laquelle il y a indifférence entre provisionner P ou bien avoir recours à l'emprunt en année D. Le CPP est donc nul pour $T_p = T_p'$.

$$CPP = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{(1+a)^{T_p}} = \frac{XYZ^{D-T_p'}}{(1+a)^{T_p'}}$$

$$\text{alors } Z^{T_p'} = XYZ^D \text{ et } T_p' = D + \frac{\log(XY)}{\log(Z)}$$

Une telle politique de gestion peut également s'apprécier par la comparaison des ratios coûts / bénéfices pour diverses durées de thésaurisation T_p , ce ratio :

$$\frac{(1)}{(3)} = XYZ^{D-T_p'} = 1$$

pour $T_p = T_p'$, est inférieur à 1 lorsque le recours à l'emprunt est plus coûteux que la stratégie de provision et supérieur à 1 lorsqu'il est préférable d'emprunter.

L'amortissement ou le choix d'une stratégie irréversible

T_a est ici la date à laquelle le gestionnaire commence à provisionner ou à amortir régulièrement jusqu'en D pour faire face au renouvellement. Le coût total actuel de la politique d'amortissement (CPA) correspond à la somme de T_a à D du coût total de chaque stratégie de provisions.

$$CPA = \sum_{t=T_a}^{t=D} CPP_t$$

La fonction du CPP étant monotone décroissante et s'annulant en T_p' , l'intégrale de cette fonction sur $[0 ; D]$ c'est-à-dire le CPA passe par un minimum en $T_a^* = T_p'$ (figure 3).

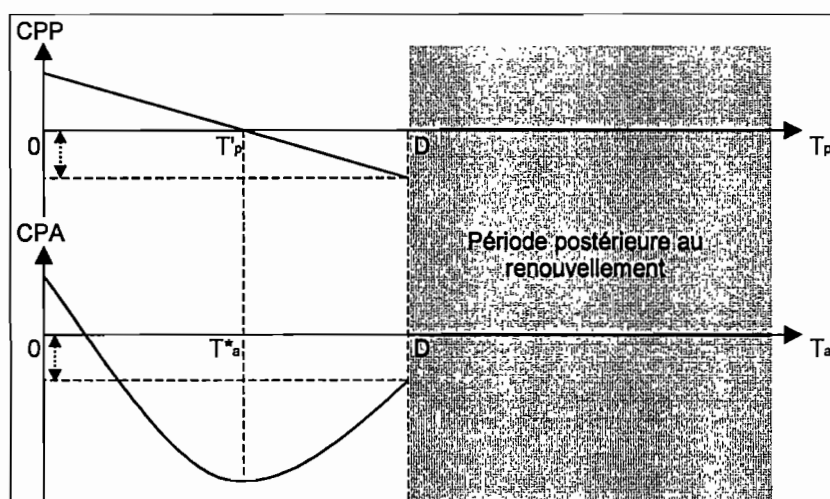


Figure 3. Du CPP à la stratégie optimale d'amortissement.

Si toutefois le gestionnaire opte pour un financement du renouvellement selon une stratégie de provisions régulières déterminée conformément au modèle, c'est-à-dire à partir de la date T_a pour renouveler à une date supposée D , plusieurs cas de figures peuvent se présenter selon que la date effective de renouvellement D_e est supérieure ou inférieure à D (figure 4).

- $0 < D_e < T_a$: si la date effective du renouvellement est inférieure à la date à partir de laquelle le gestionnaire avait prévu de commencer sa politique d'amortissement, il devra nécessairement avoir recours à l'emprunt.
- $D_e = T_a$: si D_e coïncide avec l'année de la première provision effectuée, celle-ci procure alors un gain net maximal ; et si la provision n'annule pas le besoin de financement, le gestionnaire empruntera la différence.
- $T_a < D_e < D$: si D_e est comprise entre T_a et D , toutes les provisions effectuées à partir de T_a procurent un gain net (CPA > 0).
- $D_e = D$: s'il se révèle que la date effective de renouvellement coïncide avec la date anticipée, alors le gain net de la politique d'amortissement est maximal.
- $D < D_e < D'$: si le gestionnaire a sous évalué la date de renouvellement, alors les gains nets de la politique d'amortissement sont positifs mais décroissants en fonction de D_e . Les provisions effectuées les dernières années ($D - T_a$) procurent un gain net positif alors que les précédentes sont plus coûteuses qu'avantageuses. En d'autres termes, si le gestionnaire avait su que $D_e > D$, il n'aurait commencé à provisionner que ($D_e - D$) années plus tard.
- $D_e = D'$: à cette date de renouvellement, le gain net des ($D - T_a$) dernières provisions compensent exactement le coût des précédentes. Le gain net de la politique d'amortissement est nul.
- $D_e > D'$: au-delà de D' , le gain net des ($D - T_a$) dernières provisions ne compensent plus le coût des précédentes. Le gain net de la politique d'amortissement est négatif. Cela ne signifie pas pour autant l'arrêt de la politique d'amortissement car les dernières provisions effectuées procurent toujours un gain net positif. L'arrêt de l'amortissement ne ferait qu'aggraver la situation.

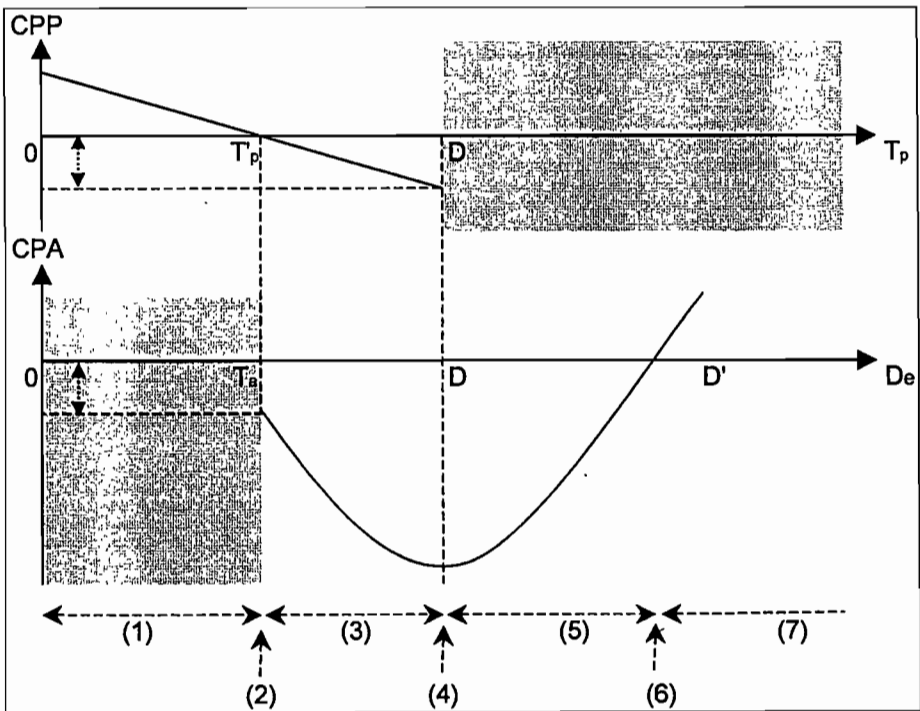


Figure 4. Evolution du CPA selon la date effective de renouvellement (D_e).

systématique des gestionnaires d'opter pour des politiques d'amortissement ou de provisions régulières en vue du renouvellement de leurs équipements.

Application et résultats

Le choix des paramètres

Deux paramètres sont fixes car relatifs à des caractéristiques macroéconomiques qui s'imposent aux gestionnaires : le taux d'intérêt des emprunts ($i = 5,5\%$) et le taux d'inflation ($r = 1,5\%$). La durée d'emprunt (N) est un paramètre variable, déterminé par le gestionnaire.

Le taux d'actualisation n'est pas réellement variable mais compte tenu de l'incertitude quant au choix de ce taux, il est préférable de le considérer comme variable afin d'effectuer divers tests de sensibilité des résultats obtenus. Le choix du taux d'actualisation permettra également d'expliquer les appréciations différentes (illogismes ou rationalité) qu'ont d'une part, les bailleurs de fonds et d'autre part, les gestionnaires, quant à l'évaluation des politiques de financement. On fixe la valeur du taux d'actualisation à 3% (Arrow, 1995).

Le taux d'épargne n'est pas plus variable que le taux d'intérêt. On sait que ce taux est nul pour les Asa, mais d'un point de vue prospectif, il est intéressant de le faire varier pour mettre en évidence la sensibilité du choix des politiques de financement à ce taux.

Les résultats

Les principaux résultats du modèle ont été obtenus en prenant une durée de vie restante « D » des équipements égale à 15 années afin de représenter le temps restant aux Asa créées dans les années 80 avant la première grosse échéance de renouvellement que constituent les stations de pompes¹². Trois types de simulations ont successivement été faites pour représenter divers points de vue :

- (1) le point de vue des Asa où $a = 3\%$ et le taux de rémunération de l'épargne est nul ;
- (2) le point de vue « public » ou des bailleurs de fonds (négligeant souvent la préférence pour le présent des gestionnaires) qui, certes est assez caricatural, mais qui permet d'opposer les résultats obtenus d'un point de vue comptable ($a = 0\%$) à ceux qui sont obtenus d'un point de vue économique (1) ;
- (3) le point de vue Asa, dans l'hypothèse d'un accès aux placements libéralisé, ce qui permet de mieux comprendre le frein que cette interdiction de placement représente pour les gestionnaires ; on retient alors dans ce cas, un taux nominal de rémunération de l'épargne de $3,5\%$.

Les trois points de vue sont présentés pour diverses durées d'emprunt dans le tableau II où « $T_p' = T_a^*$ » est la date optimale de début d'amortissement et « $D - T_a^*$ » la durée optimale d'amortissement.

Tableau II. Dates et durées optimales d'amortissement selon différents scénarios.

		N=5	N=10	N=15	N=20
(1) Point de vue Asa	$T_p' = T_a^*$	14,4	14	13,5	13,2
($a = 3\%$, $s = 0\%$)	$D - T_a^*$	0,6	1	1,5	1,8
(2) Point de vue public	$T_p' = T_a^*$	7,4	1,5	0	0
($a = 0\%$, $s = 0\%$)	$D - T_a^*$	7,6	13,5	19,1	24,3
(3) Point de vue Asa avec placements	$T_p' = T_a^*$	12,4	10,4	8,6	6,9
($a = 3\%$, $s = 3,5\%$)	$D - T_a^*$	2,6	4,6	6,4	8,1

L'interprétation des résultats n'est effectuée que pour une durée d'emprunt de 15 ans.

Il apparaît que le gestionnaire est indifférent à thésauriser un montant P durant 1,5 ans ou recourir à l'emprunt l'engageant sur 15 ans. Au-delà de 1,5 ans, la réduction d'annuités ne compense pas le

12. Sous réserve que ces stations aient été entretenues correctement.

montant de la provision effectuée en année zéro. Par exemple, si le gestionnaire prévoit de renouveler un équipement dans 15 ans, il est préférable que durant 13,5 ans il ne fasse rien, puis 1,5 an avant l'échéance, qu'il provisionne la somme dont il aura besoin pour financer son opération. S'il n'est pas en mesure de provisionner la totalité du capital dont il aura besoin, alors il contractera un emprunt sur 15 ans pour financer la différence.

Ces très faibles durées optimales d'amortissement du point de vue des Asa sont conformes aux politiques réelles de financement de court terme qui pouvaient à priori paraître irrationnelles notamment pour les acteurs du « point de vue public ». En effet, sans actualiser, la durée optimale d'amortissement passe de 1,5 à plus de 19 ans, c'est-à-dire que les Asa auraient déjà dû commencer à amortir si la date de renouvellement pressentie est de 15 ans. Cet écart constaté entre une vision comptable et une vision économique ou entre les pouvoirs publics et les gestionnaires pourrait être une des principales causes de l'incompréhension mutuelle constatée.

Un rapprochement des deux points de vue pourrait se faire en libéralisant l'accès aux placements financiers. En effet, avec un taux de rémunération de l'épargne de 3,5 %, la durée optimale d'amortissement passerait de 1,5 à 6,5 ans. Cette durée est d'autant plus sensible au taux d'épargne que l'on se situe dans des valeurs élevées de « s » (figure 5). Pour un taux permettant simplement de lutter contre l'inflation (1,5 %), la durée optimale passerait de 1,5 à 2 ans alors que lorsque l'on se rapproche de $s = a + r + ar$, la durée optimale tend vers l'infini et au-delà il est toujours préférable de thésauriser (cas de figure « g »).

Il faut se méfier des interprétations hâtives de certains résultats obtenus avec les modèles notamment des résultats du type « tout ou rien ». Même avec un taux d'épargne supérieur à 4,55 % (cas de figure « g »), il se peut que — sur la période restante avant le renouvellement ($D = 15$ ans) — les dotations annuelles induites ne soient pas acceptables par les usagers.

Pour tenir compte de cette réalité, ce modèle déterministe d'arbitrage entre emprunt et autofinancement peut être transformé en programme d'optimisation sous contrainte.

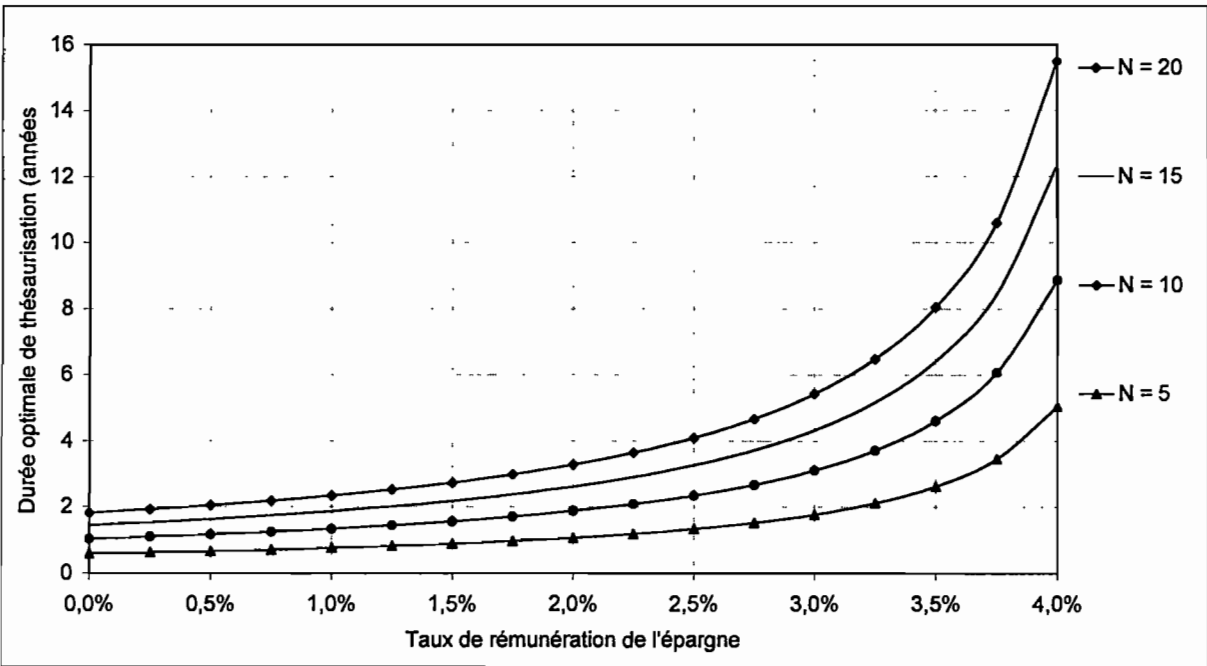


Figure 5. Durées optimales d'amortissement selon le taux d'épargne et la durée de l'emprunt.

Contrainte d'acceptabilité et choix de politique d'amortissement

Le modèle déterministe précédent permet de déterminer la date T_a à partir de laquelle il est souhaitable de commencer à amortir régulièrement les équipements renouvelables. Cette date est obtenue indépendamment du montant provisionné P et de la valeur de l'investissement I . Or, les stratégies de financement du renouvellement des équipements fondées sur ces seules considérations risquent de ne pas être durables si les coûts qu'elles engendrent en termes d'annuités futures ou de montants annuels à provisionner ne sont pas acceptables par les usagers (le gestionnaire, contraint à l'équilibre budgétaire, répercutera les variations budgétaires de l'année en cours sur la tarification de l'année suivante).

On introduit alors un seuil d'acceptabilité « α », exprimé en pourcentage de I , et qui permet de transformer le modèle précédent en programme de minimisation du coût de la politique d'amortissement sous contraintes de respect de la contrainte d'acceptabilité des adhérents :

$$\text{Min(CPA)} = \text{Min} \left[\sum_{i=T_a}^D \text{CPP}_i \right] = \text{Min} \left[\sum_{i=T_a}^D \left(\frac{P_i}{(1+a)^i} + \frac{XYI}{(1+a)^D} - \frac{XYP_i(1+s)^{D-i}}{(1+a)^D(1+r)^{D-i}} \right) \right]$$

Les contraintes sont les suivantes :

$$0 \leq \frac{KX}{(1+r)} \text{ et } P_i \leq \alpha \cdot I ; 0 \leq T_a \leq D ; 0 \leq K \leq I ; 1 \leq N \leq 20 \text{ et } T, N, D \in \mathbb{N}.$$

Ce qui est recherché c'est la date à partir de laquelle le gestionnaire commencera sa politique d'amortissement (T_a), le montant de chaque provision réalisée en année « i » (P_i) et la durée de l'emprunt (N) pour lesquels le coût total actuel de la politique de financement est minimal (CPF). Quatre cas sont testés selon le degré de contrainte budgétaire du gestionnaire (α faible ou fort) et la possibilité de placer ou non les dotations aux amortissements ($s = 0$ ou $3,5\%$). Les résultats (tableau III) sont obtenus avec les valeurs suivantes : $I = 100$, $a = 3\%$, $i = 5,5\%$, $r = 1,5\%$ et $D = 15$ ans.

Tableau III. Stratégies de financement selon le degré de contrainte et le taux d'épargne.

	$s = 0\%$	$s = 3,5\%$
$\alpha = 4\%$	CPF = 78 $T_a = 1$ et $N = 20$	CPF = 68 $T_a = 2$ et $N = 14$
$\alpha = 15\%$	CPF = 66 $T_a = 14$ et $N = 6$	CPF = 65 $T_a = 12$ et $N = 3$

Le surcoût engendré par l'interdiction de placement est de 1% pour les Asa faiblement contraintes et $14,5\%$ pour les Asa très fortement contraintes. Dans le cas actuel où persiste l'interdiction de placement, le coût total de la politique de financement pour les Asa fortement contraintes est supérieur de $18,7\%$ à celui des Asa faiblement contraintes. En cas de libéralisation de l'accès aux placements, ce surcoût ne serait plus que de $3,5\%$.

On note que les Asa fortement contraintes devraient commencer à provisionner 14 ans ($D - T_a$) avant le renouvellement de leurs équipements pour satisfaire toutes les contraintes. Or, aucune d'entre elles n'anticipe les renouvellements si tôt et les stratégies qu'elles adoptent, même si elles sont optimales, ne sont pas durables sans soutien public. A l'inverse, les Asa faiblement contraintes, c'est-à-dire celles qui, à priori, valorisent mieux l'eau, en optant pour des stratégies de court terme ne compromettent pas pour autant la durabilité économique de leur système.

Conclusion

Compte tenu des contraintes qui s'imposent aux gestionnaires, les politiques de financement de court terme qu'ils adoptent sont optimales de leur point de vue mais irrationnelles du point de vue des bailleurs de fonds. Cette irrationalité peut s'expliquer par deux éléments. Le raisonnement des bailleurs de fonds peut-être mené en sous-évaluant la préférence des gestionnaires pour le présent. L'autre point est davantage d'ordre sémantique, rationalité impliquant pour les uns « optimal » et pour les autres « durabilité ».

Or nous avons montré que les politiques de court terme, si elles sont optimales, ne sont pas pour autant durables pour les Asa fortement contraintes. Une politique de désengagement total s'appuyant sur un traitement égalitaire des Asa serait équitable selon le principe de l'équivalence, mais conduirait à une iniquité de traitement si l'on se réfère à la capacité contributive des gestionnaires. Les Asa les plus contraintes (généralement celles qui ont une faible valorisation économique de la ressource) pourraient à terme disparaître. Toutefois, ces disparitions permettraient d'atteindre simultanément un autre objectif de politiques publiques : une meilleure efficience d'allocation de la ressource.

Du simple point de vue de la durabilité économique de ces réseaux, il apparaît très clairement que l'interdiction de placement est un frein à la pratique de l'amortissement. La levée de cette interdiction permettrait d'accroître la durée optimale d'amortissement tout en réduisant significativement le coût des politiques de financements surtout pour les Asa fortement contraintes.

Cependant, compte tenu de l'incertitude quant à la date de renouvellement des équipements et de l'irréversibilité du choix de politiques d'amortissement, la levée de l'interdiction précédente ne garantit pas une modification des stratégies de financement actuelles. Pour tenir compte de cette incertitude, on doit transformer le modèle déterministe précédent en un modèle stochastique où la durée de vie restante des équipements suivrait une loi de probabilité.

L'analyse des associations d'usagers « à la française », montre que la mise en place d'Amp est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer une autonomie financière durable. La réussite des programmes de désengagement des pouvoirs publics en hydraulique agricole, comme dans la plupart des domaines, est liée au cadre réglementaire (interdiction de placement) et aux caractéristiques macroéconomiques du pays concerné (différentiels de taux d'intérêt, d'épargne, d'inflation et d'actualisation). Or, comme on vient de le voir, dans certains cas, même avec un cadre réglementaire adapté (accès aux placements libéralisé), aucune stratégie de financement durable n'est possible individuellement.

Il serait alors intéressant de tester des stratégies collectives de financement ou de mutualisation du renouvellement qui permettraient, en accélérant la fréquence des investissements, d'éviter à la fois l'érosion monétaire et le paiement des intérêts des emprunts.

Bibliographie

ARROW J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie*, 6 p.

BREWER J.D., SAKTHIVADIVEL R., 1999. Maintenance management process. *Irrigation and Drainage System*, 3 (3) : 207-227.

BURTON M.A., HALL R.P., 1999. Asset management for irrigation system. *Irrigation and Drainage System*, 3 (2) : 145-163.

Conseil d'Etat, 1995. Arrêt Tatin. 12 juillet 1995.

DINAR A., SUBRAMANIAN, 1997. Water pricing experiences: a international perspective. *World Bank Technical Paper*, (386), p. 1-12.

FAO, 1996. *World Food Summit Fact Sheets*. Fao, Rome.

FND AE, 1994. Le financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable. *Documentation technique Fndae* (15), 41 p.

GARIN P., LOUBIER S., GLEYES G., PLATON J.P., LUNET DE LAJONQUIERE Y., 2000. Les associations syndicales autorisées : bilan d'étude sur leur fonctionnement et leur stratégies de maintenance. Montpellier, France, Cemagref, Ur Irrigation, Rapports 2001-01, Série Irrigation, Rapports, 57 p.

GARIN P., PLATON J.P., 1998. La maintenance des réseaux d'irrigation gérés par des associations syndicales autorisées en France. Montpellier, France, cemagref Ur Irrigation, 26 p.

GLEYES G., 1998. La tarification de l'eau dans les réseaux collectifs d'irrigation en France. Montpellier, France, Cemagref Ur Irrigation, 11 p.

- GLEYES G., 2000. Evaluation des surfaces irriguées en France: Analyse selon l'origine de la ressource et le mode de distribution. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation, WP 2000 - 07, 16 p.
- GLEYES, G., LOUBIER S., 2000: Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref Ur Irrigation - Agence de l'eau RMC, Série Irrigation, Rapports et Etudes 2000-07, 268 p.
- JANIN J.L., 1992. Irrigation et drainage en France. Agreste - Cahiers (10): 43-48.
- JANIN J.L., 1996. L'irrigation en France depuis 1988. La Houille Blanche (8) : 27-34.
- JANIN J.L., 1997. L'irrigation toujours en hausse. Agreste Les cahiers (26) : 3-7.
- JO, 1941. Loi du 14 septembre 1941 - article 3 et 8 portant sur la règle de non rémunération des fonds libres. Journal officiel de la République Française.
- LEFEVRE M., 1996. Guide juridique des associations syndicales. Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône, 66 p.
- LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des associations syndicales autorisées. Montpellier, Mémoire de Dea EDAAR, Université de Montpellier I - Ensa M - Cemagref Ur Irrigation, 104 p.
- MALANO H.M., NGUYEN V.C., TURRAL H.N., 1999. Asset management for irrigation and drainage system. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 109-129.
- MOORHOUSE I., 1999. Asset management of irrigation infrastructure. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 165-187.
- PLANTEY J., 1998. Principes développés en France pour la gestion durable des systèmes hydro-agricoles: Conférence afro-asiatique de la CIID, Séminaire sur l'asset management, 15 p.
- PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 189-205.
- PLANTEY J., BLANC J., 1998. Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué. In *Traité d'irrigation*, TIERCELIN J.R., Paris, France, Lavoisier Tec&Doc, p. 813-862.
- VAN HOFWEGEN P.J.M., 1999. Asset management programmes for financial planning and management in irrigation and drainage. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 131-143.
- VAN HOFWEGEN P.J.M., MALANO H.M., 1997. Hydraulic infrastructure under decentralised and privatised irrigation system management. DVWK Bulletin (20) Deregulation, decentralisation and privatisation in irrigation, p. 188-216.
- VERDIER J., MILLO J.L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Ministère de la coopération et du développement, Collection Techniques rurales en Afrique, 323 p.
- WAGGONER P.E., 1994. How much land can ten billion spare for nature? Council for Agricultural Science and Technology. New York, USA, The Rockefeller University.

Le coût de la distribution de l'eau Méthode et application à l'irrigation

Guy GLEYSES*, Sébastien LOUBIER*, Jean-Philippe TERREAUX*

*Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

Résumé — Cet article présente une méthode de calcul du coût de mobilisation de l'eau pour l'irrigation, appelé coût financier. Ce travail est motivé par la recherche d'une meilleure gestion des crédits privés et publics alloués à l'irrigation, et par la nécessité de pouvoir comparer objectivement les coûts de différents systèmes ou méthodes d'irrigation. Le coût financier se décompose en trois parties d'importance variable selon les réseaux d'irrigation : coût du capital, coût d'exploitation et coût de maintenance. On utilise pour cela les méthodes d'actualisation, et l'on indique comment on peut comparer simplement entre eux des investissements de durées de vie différentes. A titre d'illustration, cette méthode est appliquée à plusieurs réseaux d'irrigation, pour lesquels on détaille la structure de coût. Il est noté qu'aucune généralité ne peut être déduite de la comparaison de ces quelques exemples chiffrés.

Abstract — **The cost of water resource distribution – method and application to irrigation.** We present in this paper a calculation method of the cost of water resource mobilization for the irrigation sector. This cost is so-called the "financial" cost. This work is justified in the research of a best management of private and public financing allocated to irrigation and the necessity of comparing objectively the costs of various systems or methods of irrigation. The "financial" cost splits up into three various parts according to the irrigation networks, i.e. the capital cost, the operating cost and the maintenance cost. We use for that discounting methods and we show how we can simply compare investments of various lives. To illustrate this method, we apply it to several networks for which we relate in detail the cost structure. However no generalities can be deduced from the comparison of these numerical examples.

Introduction

Suite aux grands programmes d'irrigation soutenus par les gouvernements et devant faire baisser les prix agricoles, la superficie mondiale irrigable a triplé en quarante ans (Dinar et Subramanian, 1997).

Aujourd'hui, compte tenu du coût d'opportunité élevé des fonds publics, on assiste à travers le monde au souhait des gouvernements et de certains bailleurs de fonds d'un désengagement progressif du financement des ouvrages d'hydraulique agricole qui, par le passé, ont souvent été traités comme des biens publics, donc financés par des fonds publics. L'objectif annoncé de certains bailleurs de fonds, tels que la Banque mondiale, par exemple est clairement de tendre vers des systèmes tarifaires faisant supporter aux usagers le coût financier de mobilisation de la ressource, évalué aux coûts d'opportunité (World Bank, 1993) ; (Castillo, 1997).

En France, l'enjeu est autant d'ordre financier que le résultat de la pression croissante des autres usagers de la ressource. En effet, bien que la superficie irriguée ne représente en 1995 qu'environ 20 % de la Sau

(soit 1,62 million d'hectares¹), elle a cru entre 1988 et 1995 de 41 % soit un rythme annuel de 5 % (Janin, 1996) ; (Janin, 1997). Dans un contexte où le coût d'opportunité des fonds publics est élevé, la croissance des surfaces irriguées s'accompagne d'une augmentation des conflits d'usages. Une des explications économique en est l'inexistence ou la sous-évaluation du prix, qui théoriquement est le meilleur indicateur de rareté d'une ressource. Mais il n'existe pas actuellement de réels marchés de l'eau susceptibles de révéler les prix, qui théoriquement devraient être au moins égaux aux coûts de mobilisation de la ressource.

On peut avancer deux explications à l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource. L'étude des plans de financement montre que par le passé, les divers bailleurs de fonds finançaient la quasi-totalité des investissements, la part restante étant prise en charge par le gestionnaire ou l'utilisateur. Cela justifiait en partie que le coût en capital (investissement initial et renouvellement des équipements) soit traité indépendamment des coûts d'exploitation et de maintenance des réseaux (Perry, 1996), alors qu'ils peuvent représenter de 55 à 85 % du coût financier (Castillo, 1997). Cette indépendance de traitement et la multiplicité des acteurs prenant part au financement, contribue à créer un écart entre le coût réel de mobilisation et le prix payé par l'utilisateur.

Une autre explication réside dans les diverses variabilités des coûts (Loubier, 1998). La typologie des coûts admise en économie de l'irrigation consiste à distinguer le coût en capital, le coût de la maintenance et le coût d'exploitation. Or, l'évolution temporelle de ces trois composantes est très différente. Les investissements sont rares mais coûteux, les dépenses de maintenance sont régulièrement croissantes sur la durée de vie des équipements et les coûts d'exploitation sont relativement stables. La seconde variabilité est relative au niveau de production : certains coûts sont fixes, d'autres variables. Cela se traduit dans le cas des réseaux d'irrigation par des rendements d'échelle croissants. En effet, seule une partie du coût d'exploitation (dépenses en énergie) et de maintenance est proportionnelle aux quantités produites. Enfin, la dernière variabilité est spatiale. Les réseaux les plus proches de la ressource bénéficient d'une rente différentielle de mobilisation et de distribution.

Seuls certains auteurs ont tenté de conceptualiser les pratiques de gestion pour évaluer l'effort financier réalisé par rapport à des objectifs de renouvellement des équipements et d'autonomie financière (Verdier et Millo, 1992) ; (Weider et Heritier, 1995) ; (Tardieu, 1999). Ils distinguent trois degrés d'équilibre budgétaire correspondant à la prise en compte successive des coûts différés ou apparemment invisibles.

Le petit équilibre correspond à la prise en compte des dépenses d'exploitation et de maintenance uniquement. Le moyen équilibre correspond à la prise en compte des coûts d'exploitation, de maintenance et le remboursement en capital du premier investissement ou bien l'amortissement technique de cet investissement. Pour obtenir le grand équilibre, il suffit alors d'intégrer les charges financières dues au premier investissement².

La méthode que nous avons développée permet d'évaluer le « coût financier » de mobilisation d'une ressource (prélèvement, transport, stockage et distribution à la borne). Le coût financier étant la somme des coûts d'exploitation, de maintenance et d'acquisition des équipements³ (Gormand, 1986). Précisons que « le coût d'acquisition, outre le montant de l'acquisition elle-même ... prend en compte les frais financiers et éventuellement l'immobilisation du capital ou le non rendement des capitaux utilisés (Bouche et al., 1988) ».

Avant de présenter la formulation générale de la méthode, on définira tout d'abord la sphère d'analyse pour laquelle ce coût sera calculé. Ensuite, l'analyse d'une partie des résultats, obtenus lors de l'application de la méthode à cinq études de cas, portera plus particulièrement sur la structure des coûts, la part supportée par chaque agent et sur la sensibilité des résultats obtenus aux principaux paramètres du modèle : le taux d'actualisation et les durées de vie des équipements. On conclura sur les avantages mais également les limites de cette méthode.

1 Dont 40% est irrigué dans le cadre de réseaux collectifs.

2 Les auteurs n'indiquent pas si le remboursement en capital ou l'amortissement technique est calculé sur la base de la totalité des équipements ou bien seulement sur la partie que les gestionnaires ont financé. Si la base de calcul est la totalité des investissements, alors le coût obtenu devrait être proche de celui que nous calculons.

3 Si l'on ne tient pas compte des coûts de fin de vie.

La méthode de calcul du coût financier

Les explications historiques et techniques de l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource sont surmontables.

Dans la littérature, il y a fréquemment confusion entre dépenses, prix, valeur, coût financier ou complet. Le coût complet correspond au prix d'un équipement que l'on observerait sur un hypothétique marché. Le coût financier n'est qu'un intermédiaire de calcul du coût complet dans les situations d'imperfection des marchés qui génèrent des externalités (figure 1). L'objectif final est la détermination du coût complet. Mais la détermination du coût financier est un objectif intermédiaire qu'imparfaitement atteint compte tenu de certaines difficultés de calcul : variabilité des coûts et des durées de vie, multiplicité des acteurs générant des coûts invisibles ou différés (subventions et coûts d'opportunité).

La méthode proposée permet de résoudre le problème précédent et d'agréger les composantes du coût exprimées dans une unité commune. Nous pouvons alors étudier sa structure et les agents qui le supportent. Le coût ainsi déterminé pourra être comparé avec prudence⁴ aux dépenses effectivement supportées à un moment donné par les usagers.

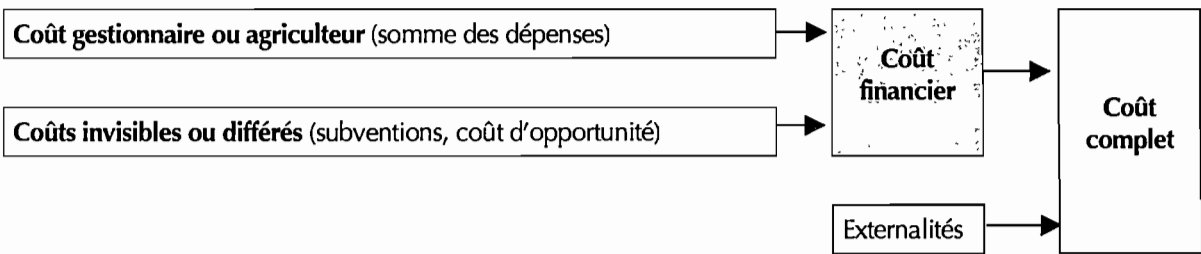


Figure 1. Définition du coût financier.

La sphère d'analyse

Dans les analyses de projets, les coûts et avantages retirés d'un projet sont étudiés par rapport aux agents directement concernés par le projet et, aussi, par rapport à la collectivité. Les auteurs parlent d'analyses financières pour les premières et d'analyses économiques pour les secondes. La méthode proposée permet de mener les deux types d'analyses simultanément. La collectivité regroupe l'ensemble du pays (Gittinger, 1985). Dès lors que le projet est marginal dans l'économie du pays, la collectivité peut désigner un groupe d'acteurs directement concernés par le projet. Appliquée à la mobilisation de la ressource en eau, la collectivité regroupe les gestionnaires et les bailleurs de fonds. En France, ces derniers sont l'Etat, les conseils régionaux, les conseils généraux, les communes et les agences de l'eau, ils seront regroupés sous le terme puissance publique. Schématiquement, la collectivité est donc composée de la puissance publique et du ou des gestionnaires.

En règle générale, dans les analyses économiques, seuls les prélèvements directs sur les ressources par des agents faisant partie de la collectivité ainsi définie, sont pris en compte (Squire et Van-der-tak, 1975). Les dépenses ou recettes privées qui n'apportent pas de changements au revenu global des agents de la sphère d'analyse ne sont pas introduites dans le calcul. Il en est de même pour certains transferts financiers entre les membres de la sphère d'analyse, comme les impôts, taxes ou subventions.

Les hypothèses et les données nécessaires

Quatre types de données sont nécessaires à l'application de la méthode de calcul. Il est tout d'abord indispensable d'estimer la valeur des équipements, leur durée de vie, l'évolution des dépenses de maintenance et le taux d'actualisation.

4. En effet, nous déterminerons un coût moyen théorique qui peut être supérieur ou inférieur aux dépenses constatées. Ces différences venant essentiellement de la variation des annuités d'emprunt et de l'évolution des coûts de maintenance.

Estimation de la valeur des équipements

Il y a deux façons d'estimer la valeur des équipements.

Le plus simple est d'utiliser les plans d'investissements passés. Comme les prix varient au cours du temps, il est indispensable de calculer le coût financier en référence aux prix d'une année donnée. Que les ouvrages soient réalisés sur une courte période ou sur plusieurs années, les dépenses engagées sont exprimées en prix nominaux, elles doivent donc être converties pour éliminer les variations inhérentes aux inflations et déflations, en utilisant l'indice des prix des biens intermédiaires composant les équipements.

Lorsque les plans d'investissement passés ne sont pas disponibles, la dépense d'investissement est estimée sur la base d'un devis de reconstruction du réseau à l'identique à partir des caractéristiques techniques de celui-ci. Si le coût financier doit être calculé sur les prix d'une année différente de celle du devis, il faudra convertir le montant du devis pour le ramener au niveau des prix de l'année de référence choisie.

L'actualisation et le choix d'un taux

Les techniques comptables d'amortissement ne tiennent pas compte ni de la préférence pour le présent des acteurs ni du coût d'opportunité du capital. Aussi, on utilise la technique de l'amortissement économique qui repose sur le principe de l'actualisation⁵ (Terreaux et al., 2001).

Pour les études de cas, on retiendra 3 % comme valeur du taux d'actualisation (Arrow, 1995) ; (Terreaux, 1997).

Les durées de vie

Le choix de la durée de vie des équipements⁶ conditionne l'estimation du coût annuel. Lorsque l'on souhaite opérer des comparaisons entre réseaux, il est absolument nécessaire de retenir des hypothèses de durées de vie identiques non seulement pour tous les équipements semblables mais également pour les réseaux eux-mêmes.

L'évolution des dépenses de maintenance

Le coût de la maintenance⁷ préventive et corrective comprend les dépenses engagées pour payer les consommations intermédiaires et les outils du gestionnaire consacrés à la maintenance, la rémunération du travail et des entreprises prestataires de services.

Les coûts de maintenance étant croissants sur la durée de vie, on suppose qu'ils suivent une évolution exponentielle, ils sont donc calculés sur la base de la valeur actuelle des investissements initiaux. La littérature sur les réseaux d'irrigation fournit une fourchette du coût de la maintenance (tableau I). On considère que la borne inférieure « f_i » correspond au niveau théorique de dépense en début de vie de l'équipement et « f_f » à la dépense en fin de vie.

Tableau I. Coûts de maintenance préventive par type d'équipement (Tiercelin, 1998).

Type d'équipement	Coût annuel d'entretien (en % de l'investissement actualisé : f_i à f_f)
Pistes, digues et terrassement	1 à 2
Génie civil, canalisations et gros appareillage	0,3 à 1
Petit appareillage	1,5 à 5

5. De même, dans les analyses économiques de projet, le principe est de prendre en compte les dépenses et les recettes au moment où elles interviennent, de les actualiser et de les sommer afin de comparer la Valeur actualisée nette de plusieurs projets (Squire et Van-der-tak, 1975).

6. très variables en hydraulique agricole.

7. La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans l'état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. L'objectif étant la pérennité du fonctionnement normal (norme Afnor Nf x 60-010).

Pour connaître l'évolution théorique exacte des dépenses de maintenance pour chaque équipement, on cherche le taux de croissance « b » tel que les dépenses soient égales à « f_1 » en début de vie et à « f_T » la dernière année d'utilisation de l'équipement.

On suppose la forme fonctionnelle suivante avec « V » la valeur de l'équipement et « T » sa durée de vie. La dépense théorique de maintenance en année « t » est :

$$M_t = Vf_1(1+b)^t$$

et compte tenu des contraintes précédentes, on a :

$$b = \left(\frac{f_T}{f_1} \right)^{\frac{1}{T-1}} - 1$$

Formulation générale

La figure 2 présente le phasage de la méthode de calcul du coût financier. Connaissant l'ensemble des acteurs de la sphère d'analyse, on identifie et on exprime en francs courants le montant des investissements qu'ils consentent à financer puis, on calcule les coûts d'exploitation, de maintenance et du capital que l'on agrège pour obtenir le coût financier.

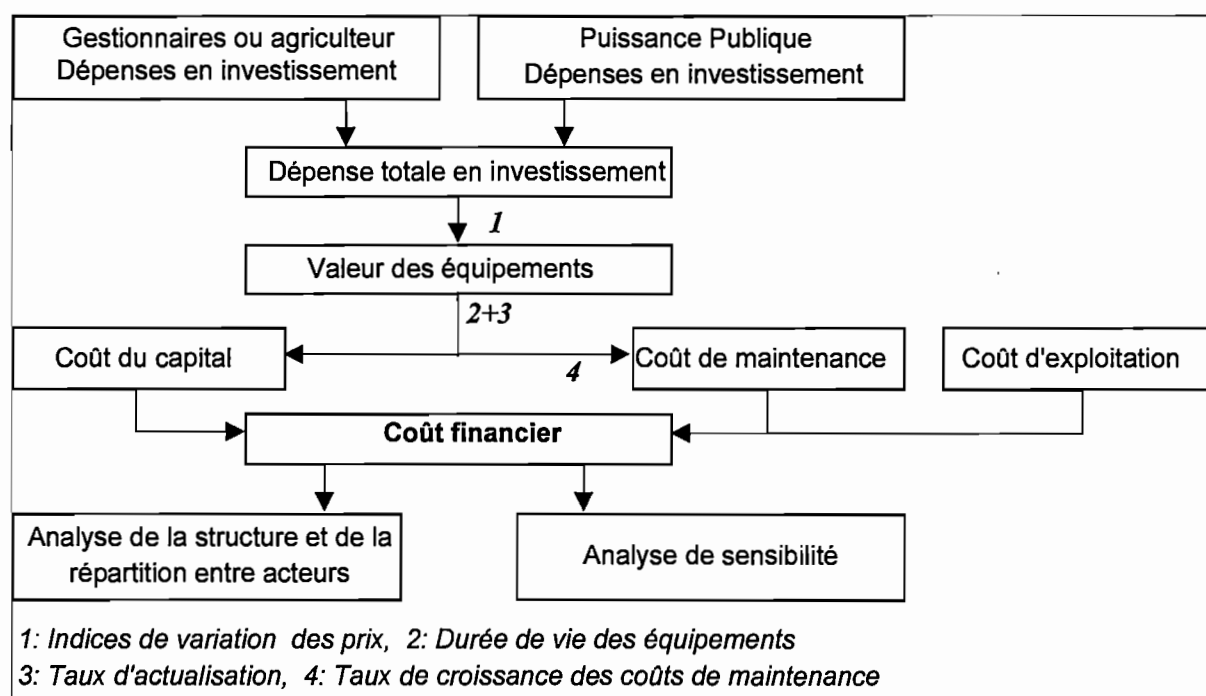


Figure 2. Démarche de calcul du coût financier.

Le coût du capital

Cas d'un seul bien

Un capital V_0 est investi à l'instant t_0 pour un bien durable dont la durée de vie est de T années. Le coût d'usage de ce capital pendant une période est la somme :

- de la charge financière, elle représente le bénéfice qui aurait pu être retiré d'un emploi alternatif du capital investi ; ce bénéfice ou coût d'opportunité est calculé au taux d'actualisation (a) ;
- de la dépréciation du bien qui correspond à son usure physique au cours de la période.

Ce coût d'usage du capital sur une période t (K_t), définie par deux dates $(t-1)$ et t , peut être formulé de la façon suivante :

$$K_t = aV_{t-1} + V_{t-1} - V_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$$

Avec :

V_{t-1} : valeur du bien en début de période ;

le produit aV_{t-1} représente les charges financières ;

$V_{t-1} - V_t$: représente la dépréciation du bien au cours de la période.

On démontre que V_0 est égal à la somme actualisée des coûts d'usage du capital par périodes :

$$V_0 = \frac{V_0(1+a) - V_1}{1+a} + \dots + \frac{V_t(1+a) - V_{t+1}}{(1+a)^{t+1}} + \dots + \frac{V_{T-1}(1+a) - V_T}{(1+a)^T} = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{V_{t-1}(1+a) - V_t}{(1+a)^t} \quad (1)$$

Le coût d'usage du capital ainsi défini, est aussi appelé amortissement économique ou valeur d'usage du capital.

Afin de calculer le coût moyen d'usage du capital par période, au lieu de coûts $K_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$ quelconques, on introduit une somme constante C qui représente les charges financières et la dépréciation du bien pour des périodes de même durée.

La relation (1) s'écrit :

$$V_0 = C \sum_{t=1}^{t=T} \frac{1}{(1+a)^t}$$

On en déduit le coût moyen d'usage du capital C pour une année :

$$C = aV_0 \frac{(1+a)^T}{(1+a)^T - 1}$$

Cas de plusieurs biens

Dès lors que l'on s'intéresse à un ensemble d'équipements aux durées de vie différentes, on ne peut pas faire la somme des simples coûts moyens pour obtenir le coût total moyen car pour une partie des biens, le coût serait compté en totalité alors que ces biens ne sont pas utilisés jusqu'à usure physique complète⁸. Il y a donc là une difficulté pratique de calcul qui est surmontée en considérant que les biens sont renouvelés à l'infini (Faustmann, 1849) ; (Terreaux *et al.*, 2001).

Dans ce cas seulement, le coût annuel moyen de l'ensemble des équipements (CC) peut être obtenu par la sommation des coûts individuels :

$$CC = \sum_{e=1}^{e=\infty} C_e$$

La prise en compte de la date de mise en service de l'équipement

Afin de tenir compte de la mise en service des équipements à des dates différentes (Persoz *et al.*, 1984), il suffit d'intégrer au calcul précédent le nombre d'année « t » séparant la date de mise en service du réseau et celle de l'équipement dont on recherche le coût. Le coût moyen annuel du capital pour la totalité des équipements est alors :

8. A défaut de pouvoir les revendre sur le marché de l'occasion.

$$CC = a \sum_{e=1}^E \frac{V_{0,e} (1+a)^{T_e - t_e}}{(1+a)^{T_e} - 1}$$

Coût de maintenance⁹

Le coût de la maintenance dépend de la durée de vie de l'équipement. Là aussi, on se heurte à la même difficulté pratique de calcul rencontrée pour le coût du capital. La même procédure de calcul est donc adoptée.

$$CM = a \sum_{e=1}^E CM_e = a \sum_{e=1}^E V_e \cdot f_{le} \frac{\left[(1+a)^{T_e} - (1+b_e)^{T_e} \right]}{(a-b)(1+a)^{t_e} \left[(1+a)^{T_e} - 1 \right]}$$

Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation se composent des coûts de gestion courante, d'énergie, de personnel et de quelques transferts. Les coûts de gestion courante sont assez facilement identifiables car ils donnent lieu à l'établissement de factures. Les coûts en énergie sont extrêmement variables d'un système de mobilisation à un autre, mais proportionnels aux volumes pompés¹⁰. Les coûts en personnel sont identifiables grâce à la masse salariale. Il est cependant nécessaire d'ôter à ce coût la part correspondant au personnel affecté à la maintenance. Si la masse salariale consacrée à la maintenance doit théoriquement croître dans le temps, il n'y a aucune raison que la part consacrée au personnel administratif et au personnel d'exploitation n'augmente. Les transferts concernent essentiellement les impôts et taxes (agence de l'eau et services fiscaux), les prestations de services entre divers gestionnaires (convention de restitution établie entre le gestionnaire d'une retenue et l'utilisateur gestionnaire du réseau d'irrigation) ; selon la sphère d'analyse considérée, ces transferts sont ou ne sont pas pris en compte.

De façon analogue au calcul des coûts précédents, le coût moyen d'exploitation (CE) sera égal au produit du taux d'actualisation par la somme actualisée des dépenses futures d'exploitation :

$$CE = a \sum_{t=0}^{+\infty} \frac{E_t}{(1+a)^t}$$

et si E_t est constant d'une année à l'autre alors $CE = E$

Applications

Présentation des cas étudiés

La méthode de calcul du coût de mobilisation de la ressource en eau est appliquée à cinq situations de mobilisation de la ressource depuis son site naturel jusqu'à la parcelle à irriguer. Elles ont été choisies parmi les situations jugées fréquentes en France (Gleyses, 2000). Un cas de réseau d'irrigation a été étudié pour chaque situation :

- réseau individuel avec prélèvement dans la nappe (Beauce) ;
- réseau individuel avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière réalimentée (Arros) ;
- réseau collectif avec retenue collinaire (Est de la Sologne).

9. Pour plus de détails sur le mode de calcul du coût de maintenance voir (Loubier et Gleyses, 2000).

10. Cependant, la consommation électrique ne dépend pas seulement des caractéristiques précédentes mais également du degré d'usure des pompes et moteurs (c'est-à-dire de leur rendement) et de la surconsommation ou sous-consommation par rapport au contrat établi entre le gestionnaire et le fournisseur.

Pour chaque cas étudié, l'année de référence retenue est 1998, qui correspond à une année moyenne en termes de demande en eau. Cela nous permet d'introduire des coûts d'exploitation constants puisque la dépense en énergie qui est la seule composante variable du coût est strictement proportionnelle aux quantités pompées.

Le coût financier collectif

Les coûts en réseaux collectifs sont très nettement supérieurs à ceux des réseaux individuels et, au sein du même type de prélèvement, le coût financier varie du simple au double (figure 3).

Les différences de coûts s'expliquent par les choix techniques faits à la création du réseau, par la qualité du service offert (pression, débit, utilisation des prises à la demande ou au tour d'eau), par la topographie des lieux et la topologie des parcelles à équiper.

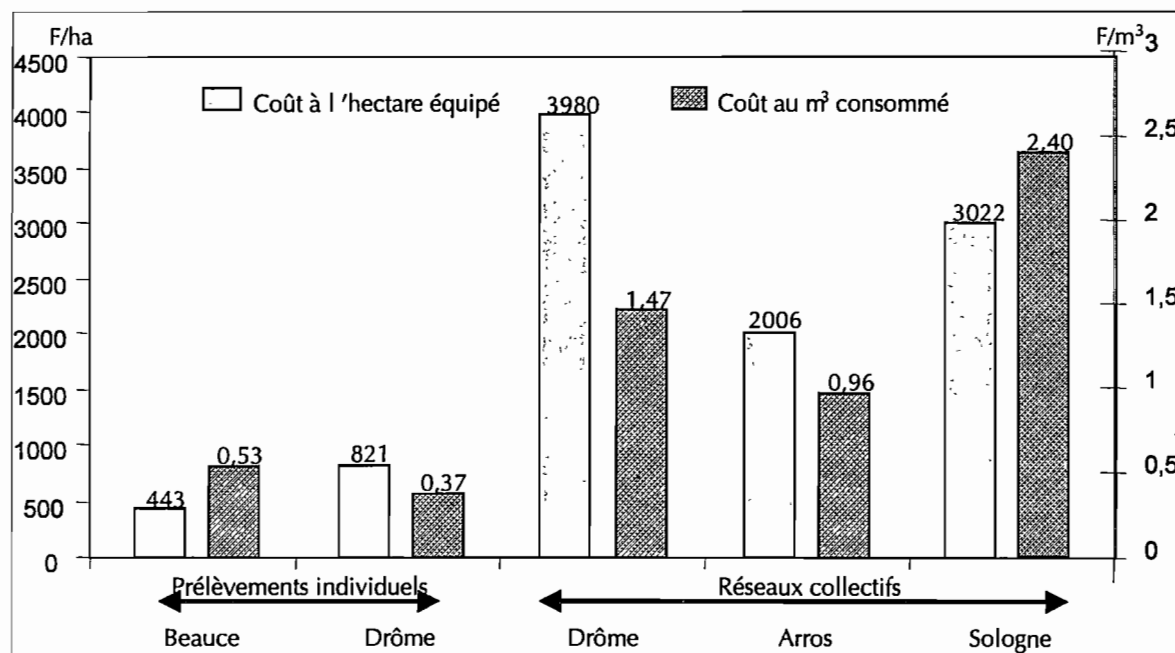


Figure 3. Coût financier.

Les deux réseaux pour lesquels il y a stockage d'eau (Sologne et Arros) n'ont pas le coût par hectare irrigué le plus élevé. La part du coût financier correspondant aux retenues est de 449 F/ha pour l'Arros et de 481 F/ha pour la retenue collinaire, soit respectivement 22 % et 16 % du total.

La hiérarchie des coûts au mètre cube est différente de celle des coûts par hectare irrigué. Les réseaux avec des consommations moyennes annuelles de plus de 2 000 m³/ha ont les coûts par mètre cube les plus faibles (individuel, Drôme ; collectifs de l'Arros et de la Drôme). C'est le réseau avec retenue de la Sologne qui a le coût au mètre cube le plus élevé car, comme pour le prélèvement individuel en Beauce, la consommation est faible : 1 200 m³/ha.

Structure et répartition du coût financier

Le coût du capital est décomposé en coût d'opportunité du capital et en dépréciation physique des biens. Le capital représente de 50 à 72 % du coût financier (50 et 58 % pour les prélèvements individuels et de 64 à 72 % pour les prélèvements collectifs). Il est intéressant de noter la part importante que représente le coût d'opportunité dans le coût du capital : 35 et 41 % en prélèvement individuel et de 43 à 57 % en réseau collectif (figure 4). Ces différences sont dues aux durées de vie des équipements car, lorsque celles-ci augmentent, la part du coût d'opportunité suit la même évolution.

Par rapport au coût du capital, les coûts d'exploitation sont relativement peu variables d'une situation à l'autre, en particulier, ils sont voisins pour les trois réseaux collectifs. Les coûts d'exploitation sont fortement déterminés par les dépenses d'énergie qui représentent de 50 à 100 % des dépenses d'exploitation.

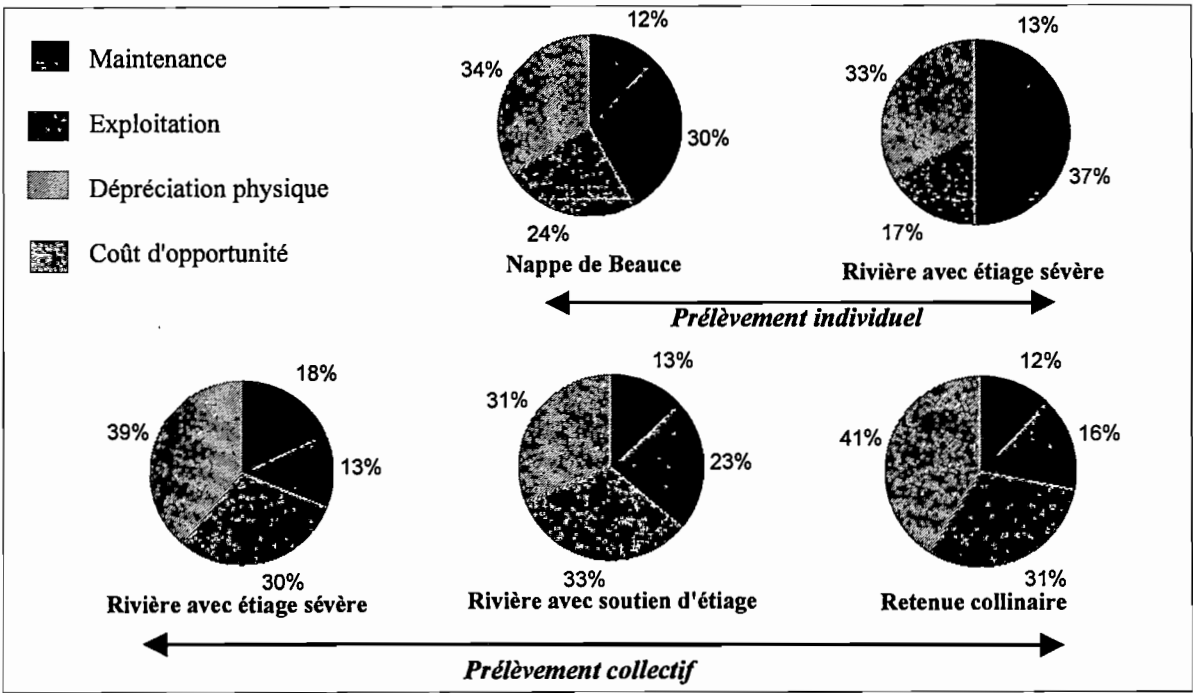


Figure 4. Structure du coût financier.

Les coûts de maintenance ont pratiquement la même valeur quelle que soit la situation, excepté pour le réseau collectif « Drôme », qui se singularise par des coûts de maintenance les plus élevés : 698 F/ha soit 18 % du coût financier. Cette situation est due, d'une part, à une dépense d'investissement à l'hectare qui est la plus élevée et, d'autre part, à un investissement proportionnellement plus important en station de pompage : 31 % de l'investissement total. Les stations sont les biens qui occasionnent les dépenses de maintenance les plus élevées par rapport à leur valeur d'achat. Dans les cinq situations étudiées, elles représentent une part du coût de maintenance plus que proportionnelle à leur part dans le coût du capital.

Dans les deux cas de prélèvement individuel, l'irrigant, supporte la totalité du coût financier. Seulement 2 % du coût est pris en charge par l'Agence de l'eau pour le cas « Beauce ».

La part du coût pris en charge par les gestionnaires de réseaux collectifs représente de 57 à 64 % du coût financier (57 % pour le réseau de la Drôme, 63 % pour celui de Sologne et 64 % pour le réseau de l'Arros). Elle comprend la totalité des coûts de maintenance et d'exploitation et une part plus ou moins grande du coût du capital, de 37 à 49 %.

La part du coût financier supportée par la puissance publique représente pour les réseaux collectifs de 36 à 43 % avec une répartition entre institutions très variable d'un cas à l'autre selon la date de création des réseaux et selon les choix de politiques publiques locales et nationales.

Coût financier et prix payé par l'utilisateur

Le coût financier est issu du calcul économique présenté précédemment alors que le prix payé par l'utilisateur correspond à une année donnée (1998), et son mode de calcul est différent.

Le tableau II illustre les risques d'interprétations erronées qui peuvent résulter d'une comparaison hâtive entre le prix payé une année donnée et le coût financier. L'exemple des deux réseaux individuels est frappant de ce point de vue-là. Alors qu'ils n'ont bénéficié d'aucune subvention d'investissement, ils supportent 100 % du coût financier et n'ont payé en 1998 que 42 et 44 % du coût financier. Cela est tout simplement dû au fait que, d'une part, le remboursement des emprunts initiaux est terminé¹¹ et que d'autre part, le réseau est suffisamment jeune pour que les dépenses de maintenance soient inférieures à la part du coût financier théoriquement consacrée à la maintenance. Lorsque les réseaux collectifs sont en cours de remboursement d'emprunt pour la création des aménagements, le prix payé peut correspondre au coût financier. C'est le cas du jeune réseau de Sologne.

Les écarts constatés peuvent également venir du fait que cette méthode de calcul du coût financier ne permet pas de prendre en compte les choix des gestionnaires en termes de politique de maintenance. Or, certains gestionnaires, soucieux de réduire les dépenses totales actuelles, peuvent négliger la maintenance des équipements au risque de devoir les renouveler plus tôt (Tiercelin, 1998) ; (Plantey, 1999).

La comparaison entre prix payé et coût financier met en lumière l'influence déterminante de la position de l'équipement dans son cycle de vie.

Tableau II. Prix, âge du réseau et annuités d'emprunt.

Type de prélèvement	Individuel			Collectif	
Lieu	Beauce	Drôme	Drôme	Arros	Sologne
Prix payé en 1998 (en % du coût financier)	42	44	56	45	100
Age du réseau en 1998	13	15	18	26	12
Annuités en F de 1998	0	0	1 313	217	2 332

Sensibilité du coût financier aux durées de vie et au taux d'actualisation

Quelles que soient les situations étudiées, les coûts du capital et de maintenance représentent une part importante du coût financier, de 63 à 87 %, or, ils dépendent tous deux des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et le taux d'actualisation. On va donc successivement calculer puis analyser les coefficients d'élasticité du coût financier aux durées de vie d'une part et au taux d'actualisation d'autre part.

Elasticité du coût financier à la durée de vie des équipements

Pour les cinq situations étudiées :

- le coefficient d'élasticité est négatif et inférieur à 1, il s'ensuit que lorsque la durée de vie augmente, le coût financier diminue moins que proportionnellement aux variations de durées de vie et inversement ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité diminue lorsque la durée de vie des équipements augmente ;
- dans la plage de variation de la durée de vie de – 20 % à + 20 %, le coefficient d'élasticité en valeur absolue est compris entre 0,20 et 0,44 selon la durée de vie et la situation considérée.

Cependant le coefficient d'élasticité du coût financier, en valeur absolue, est plus ou moins élevé selon les situations. Cette variabilité s'explique par des différences sur la structure de durée de vie des équipements et sur l'importance relative des coûts du capital, de maintenance et d'exploitation dans le coût financier.

11. Ou bien qu'ils n'ont pas eu recours à l'emprunt pour financer leurs investissements initiaux.

Une réduction de la durée de vie de tous les biens d'équipement de 20 % se traduit par une augmentation du coût financier de 6 à 10 %. Une augmentation de la durée de vie des mêmes biens de 20 % se traduit par une réduction du coût de 4 à 6 %.

Elasticité du coût financier au taux d'actualisation

Dans les études de choix d'investissements, les planificateurs retiennent des taux qui, en fonction de la conjoncture, peuvent atteindre 10 %. De tels taux ont un effet très sélectif.

On a testé la sensibilité du modèle de calcul en faisant varier le taux d'actualisation de 2 à 7 % par an. Les résultats des simulations montrent que dans tous les cas, le coût financier augmente avec le taux d'actualisation et que les réseaux collectifs sont plus sensibles au taux d'actualisation que les cas de prélèvement individuel.

Le coefficient d'élasticité du coût financier au taux d'actualisation est :

- positif et inférieur à 1, le coût financier varie comme le taux d'actualisation mais moins que proportionnellement. Il varie de 0,19 à 0,63 selon les situations et la valeur du taux ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité augmente avec le taux d'actualisation, la sensibilité du coût financier au taux d'actualisation est d'autant plus forte que le taux d'actualisation est élevé.

Le coefficient d'élasticité est variable selon les situations, il est plus élevé pour les réseaux collectifs que pour les prélèvements individuels. Ces différences de sensibilité au taux d'actualisation sont dues à la durée de vie des équipements, les réseaux collectifs ont la plus faible proportion de biens d'équipement avec une durée de vie inférieure à 30 ans en particulier c'est le réseau de l'Arros qui a l'élasticité du coût au taux d'actualisation la plus forte et la plus faible proportion de biens d'équipement à durée de vie courte. Lorsque le taux d'actualisation double, de 3 à 6 %, le coût financier augmente de 19 à 40 % selon les situations.

De façon générale, le coût financier est peu sensible à la durée de vie des biens, il est plus sensible au taux d'actualisation même si le coefficient d'élasticité par rapport à ce taux reste inférieur à 1. Aussi, pour des biens de durée de vie très longue, 75 ans et au-delà, il vaudra mieux être attentif au choix du taux d'actualisation, qu'à celui de la durée de vie dont l'effet sur le coût est moindre.

Conclusion

La méthode présentée permet de calculer le coût financier de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation depuis son site naturel jusqu'au lieu de livraison à l'usager. Les composantes du coût (coût d'opportunité du capital, dépréciation physique, maintenance et exploitation) et la répartition du coût entre les différents agents de la sphère d'analyse sont également évalués. L'avantage de la méthode est la possibilité de comparer différents modes de mobilisation d'un point de vue économique.

Cette méthode a été appliquée à différentes situations de prélèvement rencontrées en France : deux cas en prélèvement individuel et trois cas en réseau collectif.

Le coût financier est différent d'un cas à l'autre. La qualité du service (pression et débit à la borne), le dénivelé et la distance des parcelles à la ressource expliquent pour une bonne part ces différences. Le coût financier est nettement plus faible en prélèvement individuel qu'en réseau collectif, principalement en raison d'une plus faible distance entre les parcelles et la ressource. Pour l'interprétation des résultats, le choix de l'unité dans laquelle est exprimé le coût financier (volume ou surface) est essentiel car la hiérarchie entre réseaux est modifiée.

Le coût en capital est la principale composante du coût financier : au moins 50 % en prélèvement individuel et des deux tiers au trois quarts du coût financier en réseau collectif ; et la part du coût d'opportunité est d'autant plus forte que les réseaux sont composés d'équipements à durées de vie longues.

La part du coût financier supportée par les organismes publics ayant financé une partie des aménagements, n'est importante que pour les réseaux collectifs étudiés. Selon les cas, elle se situe entre 36 et 43 % ; le coût restant est supporté par le gestionnaire des aménagements.

Si l'incertitude sur la durée de vie des biens a des effets relativement faibles sur le coût financier, par contre, le choix du taux d'actualisation a des effets beaucoup plus sensibles. Cette dernière sensibilité dépend de la structure du capital et de l'échelonnement des investissements réalisés. Elle augmente avec la proportion de biens à durée de vie longue et diminue lorsque les investissements sont réalisés progressivement. Dans les cinq cas étudiés, pour les plages de variation du taux d'actualisation et de durée de vie testées, la hiérarchie des coûts entre les différentes situations n'est pas modifiée.

La méthode est aisée à mettre en œuvre, dès lors que toutes les dépenses d'investissement et leur calendrier sont parfaitement connus ainsi que les dépenses d'exploitation.

Elle est relativement robuste car la hiérarchie des résultats (coûts et répartition des postes de coûts) en fonction des types de réseaux est peu sensible aux hypothèses sur la durée de vie des équipements et sur le taux d'actualisation.

Cependant, la méthode peut être améliorée avec la prise en compte des choix de politiques de maintenance des gestionnaires, des taux d'actualisation propres à chaque agent et des modifications des politiques publiques au cours du temps.

Cette méthode de calcul reste incomplète car elle ne tient pas compte des effets externes (coûts indirects marchands et coûts directs et indirects non marchands), mais dès lors que l'on dispose des données nécessaires, elle peut être généralisée à l'ensemble des coûts.

Remerciements

Les auteurs remercient en particulier le comité inter-agences de l'eau qui a permis la réalisation de ce travail grâce à son aide financière.

Bibliographie

ARROW J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie*, octobre 1995 : 6 p.

BOUCHE M., PLAUCHU V., et al. 1988. A la recherche du coût financier. *Revue Achats et entretien*, (403) : 27-34.

CASTILLO A.M.D., 1997. Water pricing experiences: an international perspective - Capital cost recovery: an international experience in irrigation projects. *World Bank Technical Paper*, (386) : 149-153.

DINAR A., SUBRAMANIAN A., 1997. Water pricing experiences: a international perspective. *World Bank Technical Paper*, (386) : 1-12.

FAUSTMANN M., 1849. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Reprint in *Journal of Forestry Economics*, 1 (1) : 7-44.

GITTINGER J. P., 1985. Analyse économique des projets agricoles. Washington, Etats-Unis, Banque Mondiale: institut de développement économique, 547 p.

GLEYES G., 2000. Evaluation des surfaces irriguées en France: Analyse selon l'origine de la ressource et le mode de distribution. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 07, 16 p.

GLEYES G., LOUBIER S., 2000. Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref UR irrigation - Agence de l'eau RMC, 268 p.

GORMAND C., 1986. Le coût global. Paris, France, Afnor, 229 p.

JANIN J.L., 1996. L'irrigation en France depuis 1988. *La Houille Blanche*, (8) : 27-34.

JANIN J.L., 1997. L'irrigation toujours en hausse. *Agreste - Les cahiers*, (26) : 3-7.

LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des

associations syndicales autorisées. Mémoire de DEA, Université de Montpellier I - Ensam -Cemagref, France, 104 p.

LOUBIER S., GLEYES G., 2000. Méthode générale de calcul des coûts: spécificités pour une application à la mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 11 : 37 p.

PERRY C. J., 1996. Alternative approaches to cost sharing for water service to agriculture in Egypt. Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute (IIMI), 15 p.

PERSOZ H., SANTUCCI G., LEMOINE J. C., SAPET P., 1984. Théorie économique de la planification des réseaux *In* La planification des réseaux électriques. Collection de la Direction des Etudes et Recherche d'Electricité de France. Paris, France, Eyrolles, p. 246-259.

PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 189-205.

SQUIRE L., VAN-DER-TAK H. G., 1975. Analyse économique des projets. Paris, France, Economica, 159 p.

TARDIEU H., 1999. La valeur de l'eau en agriculture irriguée: une information économique nécessaire pour mieux réguler la gestion de l'eau et des productions agricoles dans un marché ouvert. Granada, Spain, 17th Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, vol 1G : 19 p.

TERREAUX J.P., 1997. Choix d'investissement et détermination du taux d'actualisation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 1997 - 01 : 18 p.

TERREAUX J.P., GLEYES G., LOUBIER S., 2001. Sur la détermination du coût de l'eau d'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2001, à paraître.

PLANTEY J., BLANC J., (1998). Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué *In* Traité d'irrigation, TIERCELIN J. R. (ed). Paris, France, Tec&Doc, p. 813 - 862.

VERDIER J., MILLO J. L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, Collection Techniques rurales en Afrique, 323 p.

WEIDNER R., HERITIER M., 1995. La maintenance des réseaux d'irrigation. La Haye, pays-Bas. 15ème congrès de ICID : 15 p.

World Bank, 1993. Water resource management: A policy paper. Washington, Etats-Unis, D.C.

Stratégies de financement soutien public et revenu des irrigants

Sébastien LOUBIER

Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

Résumé — Dans un contexte de désengagement très probable de l'Etat du secteur de l'hydraulique agricole, nous souhaitons étudier les impacts de l'évolution de politique publique sur le revenu des irrigants en fonction des modes de financement du renouvellement des équipements des Asa et du niveau de soutien public. A partir d'une Association syndicale autorisée (Asa) d'irrigation sous pression du sud-ouest majoritairement maïsicole, nous testons différents scénarios couplant mode de financement et soutien public grâce à un modèle d'optimisation linéaire stochastique qui nous permet d'obtenir pour chacun des scénarios la demande en eau, l'assolement et indirectement la variation du revenu des irrigants. Pour l'Asa considérée, peu coûteuse en investissement initial et en maintenance, les assolements et les demandes en eau varient en fonction des scénarios, et la facture Asa peut représenter entre 42 et 98 % du revenu des irrigants, avec de fortes variabilités inter annuelles selon les modes de financement du renouvellement (amortissement ou emprunt). Cependant, aucun scénario ne conduit à l'arrêt total de l'irrigation.

Abstract — **Financing strategies, public support and irrigators' income.** Given that the State is almost certain to withdraw from the agricultural water sector, we would like to study how the changes in public policies affect irrigators' income in relation to the methods used by French water users' associations to finance the renewal of equipment and the level of public support. Based on a sprinkler irrigation association in the south west – a predominantly maize-growing area – we use a stochastic linear optimization model to test different scenarios that combine the financing method with public support. For each scenario, we can then determine the water demand, the rotation and (indirectly) the variation in irrigators' income. In the case of this association – which was not expensive in terms of initial investment and maintenance costs – the rotations and water demand vary for the different scenarios. The association's bill can represent between 42-98% of the irrigators' income. There is considerable inter-annual variation depending on which methods are used to finance the renewal (depreciation or borrowing). However, the irrigation does not stop altogether in any of the scenarios.

Introduction

Les politiques d'hydraulique agricole menées entre la fin des années 70 et le début des années 90, ont favorisé la création de réseaux d'irrigation sous pression gérés par les Associations syndicales autorisées (Asa) en finançant de 50 à 80 % des investissements initiaux voire localement plus.

Aujourd'hui, les plus anciennes de ces Asa arrivent au terme du remboursement des emprunts contractés pour financer la part non subventionnée. Alors que les échéances de renouvellement des équipements (stations de pompes) se rapprochent et que les coûts de maintenance occasionnés augmentent, la plupart des Asa préfèrent réduire la tarification appliquée aux adhérents, du montant des annuités précédentes plutôt que de provisionner tout ou partie de ces fonds pour faire face à la maintenance et aux renouvellements futurs (Garin *et al.*, 2000 ; Loubier, 2001). Leur stratégie de financement consiste donc à réduire aujourd'hui les charges des agriculteurs, quitte à les accroître ultérieurement, de façon régulière pour faire face à la maintenance, et plus brutalement pour financer par l'emprunt tout ou partie

du renouvellement des équipements. Plusieurs facteurs permettent d'expliquer pourquoi les gestionnaires optent en majorité pour ces stratégies de court terme (Plantey, 1999 ; Garin *et al.*, 2000 ; Loubier, 2001), compatibles avec un cadre juridique particulier (Lefevre, 1996).

L'objectif de « vérité des prix » (World Bank, 1993 ; Cce, 2000) visant à faire supporter à l'utilisateur le coût complet de l'eau, se traduira à terme par un désengagement des institutions publiques du financement des équipements d'hydraulique agricole.

Dans ce contexte annoncé, il est intéressant d'évaluer l'impact sur le revenu des irrigants de divers scénarios couplant mode de financement et niveau de soutien public sous contrainte d'équilibre budgétaire du gestionnaire.

La méthode générale s'articule en quatre phases. Dans un premier temps, sont définis les scénarios de gestion de l'Asa, chacun reflétant un mode de financement du renouvellement (emprunt ou thésaurisation) et une politique publique (obligation ou non de pratiquer l'amortissement des équipements ou taux de subvention). Dans un second temps, le coût global du gestionnaire est estimé pour chaque scénario, c'est-à-dire l'offre en eau. Puis, grâce à un modèle économique d'optimisation on estime la demande en eau. Enfin, l'offre et la demande sont comparées afin de déterminer un prix d'équilibre pour chaque scénario et d'étudier l'impact de ceux-ci sur le revenu des exploitations.

Définition des scénarios

Scénario 1 : « 100 % subventions » (100 S)

L'Asa ne prend en charge que les coûts de maintenance et d'exploitation de l'année en cours alors que les investissements de renouvellement sont intégralement financés par divers bailleurs de fonds. Ce scénario est, certes, irréaliste mais comparé aux suivants, il permet de voir l'impact qu'ont sur le revenu des irrigants divers modes de financement du renouvellement des équipements.

Scénario 2 : « 50 % subventions – 50 % emprunt » (50/50)

L'Asa prend en charge les coûts de maintenance et d'exploitation de l'année en cours et bénéficie de 50 % de subventions pour le renouvellement. Elle emprunte donc les 50 % restant sur 10, 15 ou 20 ans, selon les équipements au taux de 5 %. On considère que ce scénario correspond à la politique actuelle de financement du renouvellement.

Scénario 3 : « 100 % emprunt » (100 E)

Scénario équivalent au précédent mais l'Asa prend en charge l'intégralité du renouvellement en ayant recours à l'emprunt le moment venu. Ce scénario, que l'on rencontrera certainement en cas de désengagement complet des pouvoirs publics, risque de ne pas être durable si, à terme, la hausse du prix de l'eau induite par les annuités d'emprunt n'est pas acceptable par les usagers (Loubier, 2001).

Scénario 4 : « amortissement + emprunt » (A + E)

Les Asa sont juridiquement contraintes de pratiquer l'amortissement technique linéaire de leurs équipements. Ce scénario, compte tenu de l'impossibilité de placer ces dotations sur un compte rémunéré (JO, 1941), ne permettra pas au gestionnaire de disposer de l'intégralité des fonds nécessaires pour financer le renouvellement¹. Lors du renouvellement d'équipements coûteux et à durée de vie longue, il devra nécessairement avoir recours à l'emprunt puisque les dotations auront subi sur une longue période l'inflation. Par contre, pour le renouvellement des équipements à durée de vie plus courte, et pour combler le besoin de financement né de l'érosion monétaire, il pourra utiliser prématurément les dotations

1. Même si les dotations annuelles sont calculées en tenant compte de la valeur actuelle des immobilisations et à fortiori lorsque la base de calcul est la valeur historique de l'équipement.

normalement destinées à renouveler les équipements à durée de vie plus longue évitant ainsi d'avoir prématurément recours à l'emprunt alors qu'il dispose de capitaux oisifs qui se déprécient.

Scénario 5 : « amortissement + inflation » (A + I)

Ce scénario est du même type que le précédent, mais pour tenir compte de l'érosion monétaire que subiraient les dotations (taux d'inflation « r » = 1,5 % par an), celles-ci ont été réévaluées de telle sorte qu'à la date de renouvellement, le gestionnaire dispose de l'intégralité des fonds nécessaires sans avoir recours à l'emprunt. Ce scénario permet d'illustrer, entre autres, le frein que peut représenter l'obligation absolue de déposer les fonds au trésor public.

Le choix d'une Asa test et détermination du coût global

Ces 5 scénarios ont été testés sur une Asa des Hautes-Pyrénées² créée en 1972. Cinq exploitations ont souscrit 372 hectares pour une Sau de 662 hectares. L'association a bénéficié de 70 % de subventions pour financer les investissements initiaux et les emprunts contractés pour financer la différence sont arrivés à terme depuis quelques années. Pour déterminer l'impact dans le temps des différents scénarios de financement, il est nécessaire d'estimer à partir d'aujourd'hui ($t = 28$) et pour chacun d'entre eux l'évolution de la fonction de coût de production : coûts d'exploitation, de maintenance et de capital (Gleyses et Loubier, 2000).

Les coûts d'exploitation

Les coûts fixes d'exploitation sont estimés à : $E = 134 \text{ F/an/ha}$.

L'énergie nécessaire au pompage d'un mètre cube d'eau est estimée à 0,19 F et la redevance versée à l'agence de l'eau à 0,024 F, soit un coût variable d'exploitation : $CV = 0,214 \text{ F/m}^3$.

Les coûts de maintenance

L'estimation des coûts de maintenance suppose que soit connue la durée de vie « T » de chaque équipement (Loubier, 1998). Certains auteurs (Tiercelin, 1998) ont estimé les dépenses de maintenance induites par divers types d'équipement. Ils donnent ainsi une fourchette d'évolution des coûts comprise entre « f_i % » de la valeur actuelle du bien en début de vie et « f_T % » l'année précédant le déclassement. Sachant que la croissance des coûts de maintenance est plus rapide en fin de vie qu'au début, on peut déterminer un taux de croissance des coûts « b » et prévoir pour chaque équipement les dépenses futures.

Cette fourchette de coût correspond implicitement à une « maintenance de bonne qualité ». En effet, négliger la maintenance préventive peut accroître à terme le coût de production du service en réduisant les durées de vie des équipements (Skutsch, 1998 ; Tiercelin, 1998). Or, tant que l'ouvrage reste opérationnel, les gestionnaires sont tentés de faire un maximum d'économie sur les dépenses de maintenance (Plantey, 1999). Pour un équipement « e » donné, le taux de croissance des coûts de maintenance est donné par :

$$b_e = \left(\frac{f_{T,e}}{f_{I,e}} \right)^{\frac{1}{T_e-1}} - 1$$

(Gleyses et Loubier, 2000) (avec T_e : durée de vie de l'équipement « e »).

Les coûts de maintenance de l'équipement « e » pour l'année « t » sont donc de la forme :

$$M_{t,e} = f_{I,e} \cdot I_e \cdot (1+b)^{t-1}$$

avec $t \in (1; T)$ et I_e = valeur actuelle de l'équipement « e ».

2. Les données techniques et financières nécessaires sont présentées en annexe 1 de ce document.

Les coûts totaux de maintenance de l'année t correspondent à la somme des coûts de chaque équipement :

$$M_t = \sum_e M_{t,e} .$$

La figure 1 illustre l'évolution des coûts théorique de maintenance pour l'Asa étudiée².

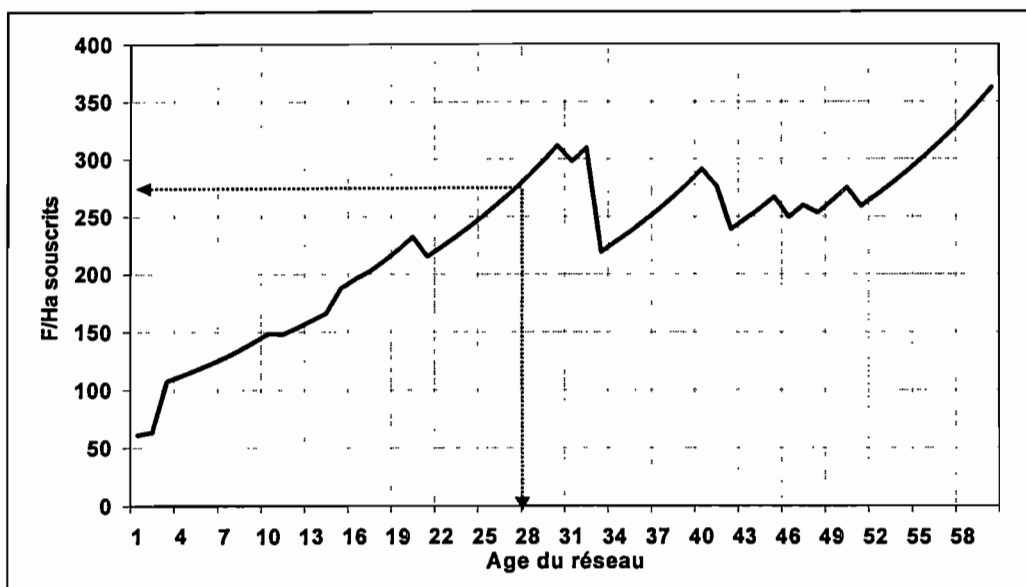


Figure 1. Evolution des coûts totaux de maintenance de l'Asa étudiée.

On note que les coûts de maintenance actuels (âge 28) sont proches d'un maximum (année 30 – 32) puis baissent durant une vingtaine d'années pour augmenter à nouveau par la suite. Cette situation est un cas particulier dû au renouvellement de plusieurs équipements au cours des années 30 à 32.

Pour construire la fonction de coût global du gestionnaire, on simplifie la fonction précédente de coût de maintenance des 30 années futures. On effectue une régression polynomiale de degré deux sur les coûts de maintenance précédemment déterminés. L'estimation de cette fonction est de la forme :

$$M_t' = 0,2882t^2 - 24,5t + 769 \text{ pour } t \in (28;60)$$

Le coût du capital

Contrairement au coût de maintenance, le coût du capital (annuités ou provisions) varie d'un scénario à l'autre (figure 2). On ne s'intéresse ici qu'à l'évolution des coûts sur les 20 années à venir, ce qui exclut pour les scénarios « 50/50 » et « E » la prise en compte du renouvellement des équipements à durée de vie résiduelle supérieure à 20 ans, alors qu'ils sont intégrés aux deux scénarios consistant à pratiquer l'amortissement (« A + E » et « A + I »).

Le coût du capital est variable pour les scénarios 1 à 3. Pour simplifier les calculs, nous effectuons sur chacun d'entre eux une régression linéaire pour S2 et S3, et polynomiale de degré 2 pour S1.

Le coût en capital pour chaque scénario, en F/ha souscrit (SS), entre les dates $t = 28$ et $t = 48$ est alors le suivant :

$$C_{(S1)t} = 0.365t^2 - 32.4t + 714$$

$$C_{(S2)t} = 5.3t - 53$$

$$C_{(S3)t} = 15.1t - 290$$

$C_{(S4)t} = 439$ correspond à l'amortissement linéaire des équipements renouvelables.

$$C_{(S5)t} = \sum_e \left(\frac{I_e}{SS} \times \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \right) = 628 \text{ (soit 43 \% de plus que S4).}$$

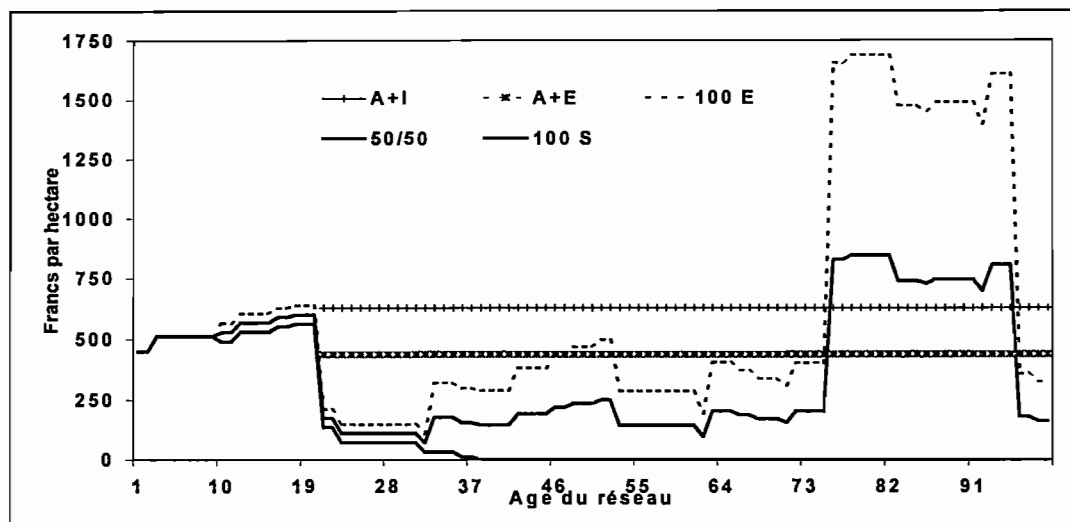


Figure 2. Evolution du coût du capital.

Les fonctions de coût global du gestionnaire

Pour chaque scénario, la fonction de coût global de l'Asa ramené à l'hectare souscrit est de la forme :

$$CT_i = \frac{CV \times Q}{SS} + CF_i = \frac{CV \times Q}{SS} + (M'_i + C_i + E) \text{ (Q est le volume total d'eau consommé).}$$

$$S1 : CT_i = \frac{0.214Q}{372} + (0.653t^2 - 56.9t + 1617)$$

$$S2 : CT_i = \frac{0.214Q}{372} + (0.29t^2 - 19.2t + 850)$$

$$S3 : CT_i = \frac{0.214Q}{372} + (0.29t^2 - 9.4t + 613)$$

$$S4 : CT_i = \frac{0.214Q}{372} + (0.29t^2 - 24.5t + 1342)$$

$$S5 : CT_i = \frac{0.214Q}{372} + (0.29t^2 - 24.5t + 1531)$$

Le modèle

Principes généraux et formalisation mathématique³

Le modèle utilisé est un modèle d'optimisation linéaire stochastique. Il permet de déterminer les combinaisons de productions qui maximisent la marge brute d'exploitation tout en respectant certaines contraintes :

– internes à l'exploitation : surface totale, surface irrigable, catégorie de sol, rotation des cultures,

³ Pour plus de précisions, voir (Morardet et al., 2000).

disponibilité en eau et en main-d'œuvre ;

– extérieures à l'exploitation : offre de contrats de production et contraintes liées à la Pac (gel et aides).

L'assolement calculé par le modèle représente la meilleure décision de production que puisse prendre, à priori, les agriculteurs compte tenu de leur perception des aléas et de leur aversion aux risques⁴.

Le modèle se compose de quatre éléments :

- la liste des activités de production associées à un itinéraire technique « X » ;
- la matrice technologique « A » ;
- le vecteur ressource représentant les facteurs de production détenus par l'exploitation « B » ;
- le vecteur des marges unitaires d'activité « C ».

L'objectif est donc de maximiser $C'X$ sous les contraintes $AX \leq B$ et $X \geq 0$.

Le choix du type d'exploitation

De la typologie d'exploitations réalisée par le Cemagref lors d'une étude précédente (Gleyses et Morardet, 1997), un type parmi huit a été retenu (celui qui se rapproche le plus⁵ des exploitations adhérentes de l'Asa étudiée).

Les prix et aides associés aux productions correspondent à la réforme de la Pac telle que définie dans le règlement de mai 1999 à horizon 2003 : aides compensatoires calculées à partir des rendements de référence définis dans le plan de régionalisation 1999, taux de compensation augmenté pour les céréales⁶, taux de gel des terres fixé à 10 %, réduction de 15 % des prix de marché par rapport à 1997⁷. Le tableau I décrit par culture, la structure des marges brutes (hors charges de structure et coût de l'irrigation).

Pour chaque culture irriguée (maïs, soja), on définit plusieurs conduites possibles de l'irrigation exprimées en pourcentage des besoins nécessaires à l'Etm.

Tableau I. Structure des marges brutes par culture.

	Soja				Maïs grain							Blé	Pois
Etm (%)	100	80	60	50	100	85	75	65	50	P Sup*	P Val**		
Produit avec prime	5343	5236	5094	4987	10101	9888	9817	9604	9107	5977	7042	4478	5337
Charges variables hors coût de l'irrigation (F/ha)	2950	2941	2928	2919	3400	3400	3400	3400	3400	3050	3050	2561	2810
Marge brute hors coût de l'irrigation	2393	2296	2166	2068	6701	6488	6417	6204	5707	2927	3992	1917	2527
Consommation d'eau (m3/ha)	1542	1233	925	771	1693	1439	1269	1100	846	0	0	0	322

* Maïs pluvial sur sols superficiels, ** Maïs pluvial sur sols de vallées.

Les charges de structure hors matériel d'irrigation sont estimées à 3 300 francs par hectare de Sau et 521 francs par hectare équipé pour l'irrigation (source : Cacg). On admet également que ces exploitations, suite à des pénuries d'eau dans le passé se sont suréquipées en matériel d'irrigation de surface. La surface effectivement irriguée est donc supérieure de 10 % à la surface souscrite, soit 409,2 ha si toute la surface

4 Au moment où l'agriculteur décide d'un assolement, il ne connaît pas sa disponibilité réelle en eau au cours de la campagne. La perception qu'ont les agriculteurs sur le risque de ne pas pouvoir satisfaire la contrainte d'irrigation est représentée par un coefficient d'aversion au risque.

5 En termes de disponibilité en eau, de Sau moyenne par exploitation et de type de cultures.

6 le montant de l'aide Pac est le produit d'un rendement de référence (en t/ha), défini par chaque département et d'un taux de compensation (exprimé en F/t) défini au niveau de l'Union Européenne.

7 le règlement européen ne fixe l'évolution que pour les prix d'intervention. On fait l'hypothèse que les prix de marché évolueront de la même façon que les prix d'intervention et de façon uniforme sur toutes les cultures (céréales, oléagineux et protéagineux).

irrigable est irriguée. Par conséquent, les coûts fixes de l'Asa rapportés à la surface souscrite sont supérieurs aux coûts fixes par hectare effectivement irrigué. Pour la même raison, les volumes consommés par hectare souscrit sont supérieurs aux volumes effectivement consommés par hectare irrigué.

Principaux résultats

La demande en eau d'irrigation et les assolements

Le modèle permet d'estimer la demande en eau d'irrigation en fonction du prix du mètre cube d'eau. La figure 3 superpose cette demande aux fonctions d'offre actuelle (coût moyen en $t = 28$) pour chaque scénario de financement. Dès lors que la demande se situe au-dessus de la fonction de coût moyen, il existe un équilibre entre offre et demande en eau.

Quel que soit le scénario, la confrontation entre offre et demande a une solution et conduit au même assolement. Pour les 3 premiers scénarios (100 S, 50/50 et 100 E), le couple prix quantité d'équilibre correspond à une demande de 1 692 m³/ha irrigué (1 862 m³/ha souscrit) pour un prix (permettant de respecter strictement l'équilibre budgétaire du gestionnaire) compris entre 0,50 et 0,52 F/m³. A ce niveau de consommation, toute la superficie irrigable est plantée en maïs et irriguée à 100 % de l'Etm (tableau II, colonne A1). Les coûts induits par les deux scénarios consistant à pratiquer l'amortissement contraignent les agriculteurs à opter pour des pratiques moins intensives (tableau II, colonne A2). Pour un prix de 0,85 ou 0,98 F/m³, ils réduisent les apports d'eau au maïs qu'ils n'irriguent plus qu'à 75 % de l'Etm soit une réduction de consommation de 25 %.

Compte tenu des faibles annuités d'emprunt actuelles, les fonctions d'offre des trois premiers scénarios (100 S, 50/50 et 100 E) sont quasiment confondues (figure 3) et sont nettement inférieures aux prix induits par les scénarios « A + E » et « A + I ». Par contre, dans 20 ans, le niveau de prix induit par le scénario consistant à emprunter le moment venu (« 100 E ») sera équivalent au scénario consistant à pratiquer l'amortissement linéaire des équipements (« A + E »). On devrait alors constater — faisant l'hypothèse que les prix et aides ne changent pas — une modification des apports d'eau à l'hectare si le gestionnaire répercute bien sur la tarification la croissance du coût du capital (emprunts).

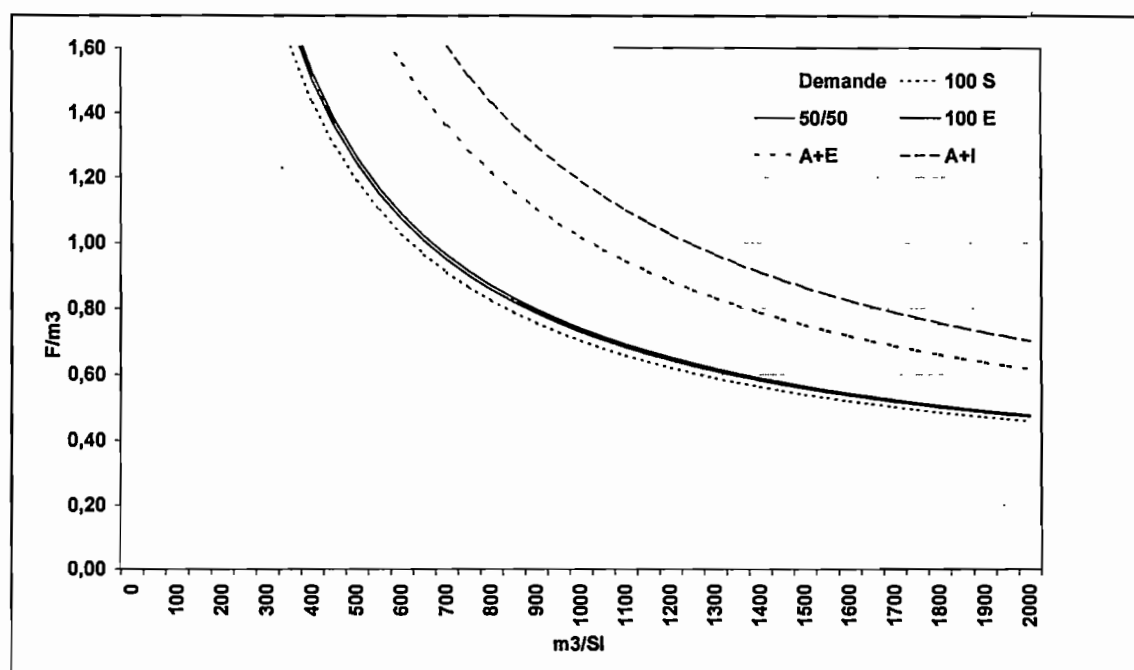


Figure 3. Offre et demande en eau d'irrigation ($t = 28$).

Tableau II. Asselements optimaux selon le prix de l'eau (F/m³).

	A1	A2	A3
	Px < 0,55	0,56 < Px < 1,05	1,06 < Px < 1,65
Sau	662	662	662
Superficie souscrite	372	372	372
Suréquipement	10 %	10 %	10 %
Superficie irriguée	409,2	409,2	409,2
Maïs irrigué à 100 % Etm	409,2	0	0
Maïs irrigué à 85 % Etm	0	0	0
Maïs irrigué à 75 % Etm	0	409,2	0
Maïs irrigué à 65 % Etm	0	0	409,2
Maïs irrigué à 50 % Etm	0	0	0
Maïs sec sur sols de vallée	71,0	71,0	71,0
Gel	181,8	181,8	181,8

La tarification et les revenus

Les fonctions de coût moyen du gestionnaire illustrées précédemment correspondent à une tarification proportionnelle, c'est-à-dire à un coût variable maximal du mètre cube. Or, dans la pratique, la tarification des Asa est soit forfaitaire soit binomiale. Une tarification binomiale stricte, c'est-à-dire dont le terme variable n'est réellement composé que des charges variables de l'Asa, réduit le coût variable à 0,214 F/m³ (énergie et taxe à l'agence). Pour les scénarios consistant à amortir, il n'y aura modification des pratiques d'irrigation que si le terme variable du tarif est supérieur à 0,56 F/m³. S'il est inférieur, le terme fixe du tarif calculé par l'Asa étant considéré comme une charge de structure, les agriculteurs continueront à consommer les mêmes quantités d'eau qu'en A1.

Si le gestionnaire souhaite contribuer à économiser la ressource, alors il devra opter pour un terme variable supérieur à 0,56 F/m³. Mais dans ce cas (et si le terme fixe est déterminé sous la contrainte d'équilibre budgétaire compte tenu du terme variable), la pérennité financière de l'Asa est menacée en cas de successions d'années humides ou d'arrêt de l'irrigation⁸. Cependant, pour les scénarios consistant à amortir les équipements, cela ne devrait pas poser de problèmes particuliers si les réserves effectuées peuvent momentanément être utilisées pour absorber un déficit budgétaire.

Par contre, pour le scénario « 100 E » (et lorsque le coût en capital est suffisamment élevé pour que l'on se situe théoriquement en A2), il serait nécessaire d'effectuer une provision destinée à absorber les écarts de recouvrement entre différentes années climatiques. Compte tenu de la faible durée d'oisiveté de ces capitaux, ce fonds de roulement ne pénaliserait pas l'Asa (Loubier, 2001).

Pour les scénarios « 100 E » (dans les années à venir), « A + E » et « A + I », il serait possible de réduire les consommations d'eau de 25 % si l'Asa opte pour un terme variable du tarif supérieur au seuil de changement de pratique d'irrigation (passage de A1 à A2 pour un prix supérieur à 0,56 F/m³) (tableau III). Le revenu des irrigants serait alors réduit de 12 % à 14 %. Cette baisse de revenu pourrait — en contrepartie d'une moindre pression sur la ressource — être compensée par un soutien public prioritairement accordé aux Asa qui opteraient pour ce type de tarification négociée entre tous les acteurs et s'insérant dans des programmes de « gestion intégrée locale ». Bien que ce type de tarification soit moins équitable, elle est plus efficace du point de vue de l'allocation de la ressource (Montginoul, 1997). L'équité (baisse de revenu) peut être traitée à posteriori au moyen de mesures compensatoires prises dans le cadre des dispositifs redistributifs (Barde, 1991).

⁸ Même si les agriculteurs s'acquittent du terme fixe du tarif.

Tableau III. Structure tarifaire et variation de consommation et de revenu.

Structure des coûts en t = 28		« A + E »	« A + I »
1) Terme variable > 0,56	Marge (avant facture Asa)	3 409 400	3 409 400
	Facture Asa	439 670	509 944
	Consommation et assolement	519 451 / A2	519 451 / A2
	Marge (après facture Asa)	2 969 730	2 899 456
	Revenu	571 937	501 663
2) Terme variable < 0,56	Marge (avant facture Asa)	3 525 613	3 525 613
	Facture Asa	476 634	546 866
	Consommation et assolement	692 601 / AI	692 601 / AI
	Marge (après facture Asa)	3048 979	2 978 747
	Revenu	651 182	580 949
Variation revenu (1) / (2)		-12 %	-14 %
Variation consommation (1) / (2)		-25 %	-25 %

La figure 4 illustre la variation de revenu des exploitations en fonction du prix de l'eau (tarification strictement proportionnelle). Selon les scénarios et l'âge de l'Asa, le prix du mètre cube d'eau peut plus que doubler (0,42 F à 0,98 F). A cette variation de prix correspond une baisse de revenu de 40 % (- 10 % de marge brute).

Dans les mêmes conditions, si l'on imposait aux Asa la pratique de l'amortissement linéaire de leurs équipements (« A + E »), alors le revenu serait immédiatement réduit de 25,6 % et si l'on tient compte de l'érosion monétaire des dotations (« A + I ») alors la baisse de revenu atteindrait 34,7 %.

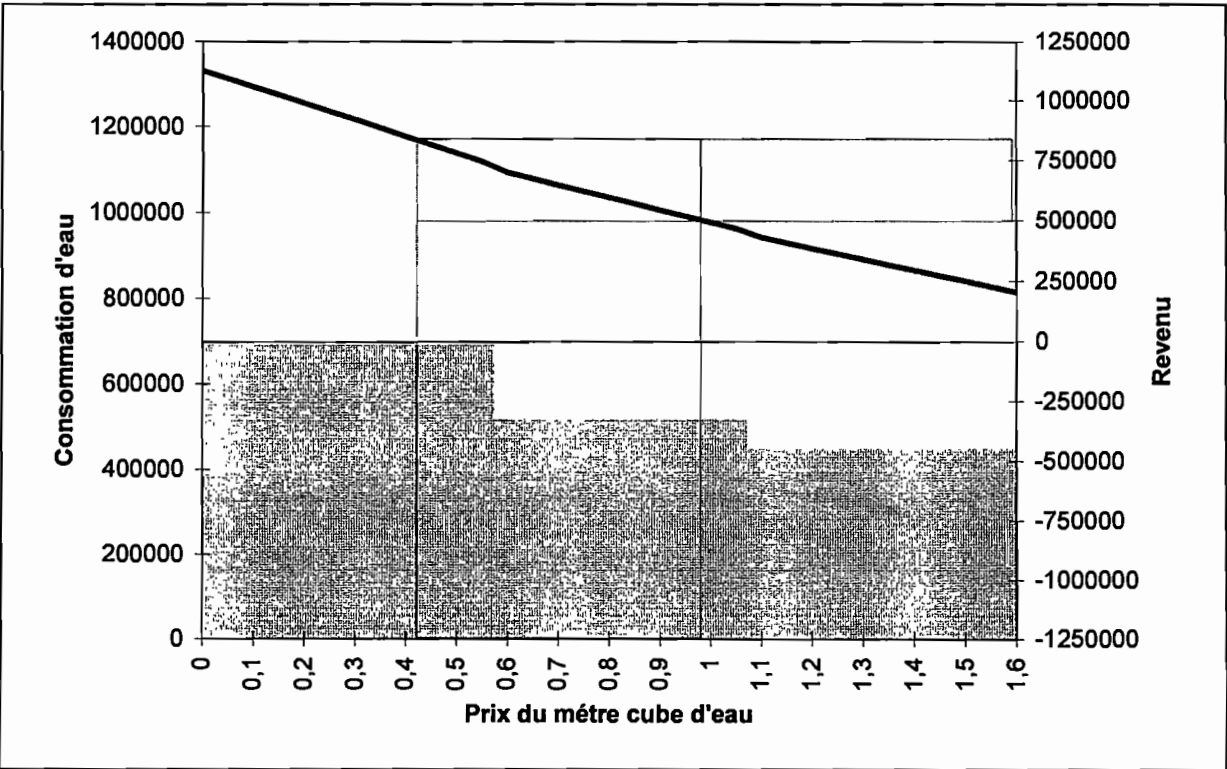


Figure 4. Fonction de revenu des irrigants.

La comparaison des revenus sur les 20 années à venir (tableau IV) montre que pour les scénarios « 50/50 » et « 100 E » le revenu est amené à baisser respectivement de 3,6 et 22,5 % (la réduction des coûts de maintenance ne compensant pas la hausse du coût en capital). A l'inverse, pour les autres scénarios, le revenu devrait croître de 6,9 % pour « 100 S », de 3,4 % pour « A + E » et de 3,9 % pour « A + I » car la réduction des coûts de maintenance est supérieure à la hausse du coût en capital⁹.

En cas de désengagement total et sur les 20 années à venir, c'est toujours le scénario consistant à tout emprunter le moment venu qui reste le plus avantageux.

Tableau IV. Revenu de financement par scénario.

	100 S	50/50	100 E	A+E	A+I
Revenu en t = 28	779 938	768 559	765 063	571 937	501 663
- par exploitation	155 988	153 712	153 013	114 387	100 333
- par hectare irrigué	1 906	1 878	1 870	1 398	1 226
- par hectare de Sau	1 178	1 161	1 156	864	758
Revenu en t = 48	834 028	741 014	592 826	591 263	521 103
- par exploitation	166 806	148 203	118 565	118 253	104 221
- par hectare irrigué	2 038	1 811	1 449	1 445	1 273
- par hectare de Sau	1 260	1 119	896	893	787

Conclusion et perspective

La variation du prix de l'eau a un impact relativement faible sur la marge brute dégagée, mais compte tenu du niveau des charges de structure, la variation de revenu induite est considérable. Le revenu par hectare reste faible malgré l'irrigation.

Pour les irrigants, le scénario de prix le plus avantageux aujourd'hui et dans 20 ans est, bien entendu, celui qui permet à l'Asa de transférer l'ensemble du coût en capital aux bailleurs de fonds. Vient ensuite le scénario actuel où l'Asa finance le moment venu 50 % du renouvellement par l'emprunt. Par contre, en cas de désengagement total de l'Etat, s'il est plus intéressant aujourd'hui de financer la totalité du renouvellement par l'emprunt (« 100 E »), dans la perspective de 20 ans cette stratégie est équivalente à la pratique de l'amortissement linéaire (« A + E ») et demeure moins coûteuse que la stratégie consistant à prendre en compte la dévalorisation des dotations.

Si l'Asa optait aujourd'hui pour un amortissement des équipements lui permettant de compenser l'inflation, le revenu des irrigants serait immédiatement réduit de 25 % si la stratégie précédente consistait à amortir simplement les équipements (« A + E ») et de 34 % si elle était d'avoir systématiquement recours à l'emprunt (« 100 E »).

La facture Asa représente selon les scénarios entre 42 et 98 % du revenu, alors que l'Asa étudiée fait partie des moins coûteuses en termes d'investissement initial (24 000 F/ha équipé) et que la taille moyenne des exploitations est élevée (132 ha de Sau). Ces deux caractéristiques permettent aux exploitations de maintenir un revenu supérieur à 100 000 F par an quel que soit le scénario.

Ces quelques résultats ne sont cependant pas généralisables. Ils sont issus d'une Asa couplée à un modèle d'optimisation simplifié. Il serait intéressant d'étudier plus finement, au niveau d'un bassin versant, non seulement l'impact des politiques publiques et des stratégies de financement sur le revenu des irrigants mais également divers modes de tarification couplés à une intervention publique ciblée pour compenser l'iniquité lorsque l'on se rapproche des objectifs de gestion de la ressource.

9. Le coût en capital est stable pour « A+E » et « A+I » mais décroissant pour 1.

Bibliographie

- BARDE J.-P., 1991. Economie et politique de l'environnement. Paris, France, Puf - Coll. L'économiste - Paris, 383 p.
- CCE, 2000. Tarification et gestion durable des ressources en eau. Communication de la commission au conseil, au parlement et au comité économique et social, Bruxelles, 29 p.
- GARIN P., LOUBIER S., et al., 2000. Les associations syndicales autorisées: bilan d'étude sur leur fonctionnement et leur stratégies de maintenance. Montpellier, France, Cemagref - Wp Ur Irrigation, à paraître.
- GLEYES G., LOUBIER S., 2000. Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref division irrigation - Agence de l'eau Rmc, 268 p.
- GLEYES G., MORARDET S., 1997. Gardères-Eslourenties : Evaluation économique de l'agriculture irriguée. Montpellier, Cemagref, Division Irrigation ; Institution Interdépartementale pour l'Aménagement Hydraulique du Bassin de l'Adour ; Cacg, 80 p.
- JO, 1941. Loi du 14 septembre 1941 - article 3 et 8 portant sur la règle de non rémunération des fonds libres. Paris, France, Journal officiel de la République.
- LEFEVRE M., 1996. Guide juridique des associations syndicales. France, Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône, 66 p.
- LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des associations syndicales autorisées. Montpellier, Mémoire de Dea - Edaar , Université de Montpellier I - Ensa M -Cemagref, 104 p.
- LOUBIER S., 2001. Les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des Asa : une gestion optimale non durable. Séminaire PCSI, Montpellier, 22 - 23 janvier 2001, 16 p.
- MONTGINOUL M., 1997. Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation: des instruments, de l'information et des acteurs. Université de Montpellier I, Thèse de Sciences Economiques, 296 p.
- MORARDET S. et al., 2000. Impact de la réforme de la PAC sur la demande en eau pour l'irrigation (rapport final). Montpellier, Cemagref, division irrigation, 102 p.
- PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 189-205.
- SKUTSCH J., 1998. Maintaining the value of irrigation and drainage projects. HR Wallingford, DFID - Department For International Development.
- TIERCELIN J. R., 1998. Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué. In J. Plantey et J. Blanc, Traité d'irrigation. Paris, France, Lavoisier Tec&Doc, 1011 p.
- World Bank, 1993. Water resource management: A policy paper. USA, Washington D.C.

Annexe 1. Données techniques et financières

Catégories de biens	Année de mise en service	Dépense totale à la mise en service	Valeur actuelle des investissements (indice TP01)	Durée de vie: "T"	Maintenance (% VA)		Taux de croissance annuel de la maintenance: "b"
					Début de vie	Fin de vie	
2 Moteurs et pompes (déclassés en 74)	1972	150 000	729 148	30	1,5%	5,0%	4,2%
Bâtiment station pompage	1972	46 000	223 605	75	0,3%	1,0%	1,6%
Transformateur	1972	28 000	136 108	50	1,5%	5,0%	2,5%
Accès ligne moyenne tension	1972	37 000	179 856				
Divers	1972	45 000	218 744	10	1,5%	5,0%	14,3%
Canalisation et bornes	1972	1 096 000	5 327 639	75	0,3%	1,0%	1,6%
2 Pompes et moteurs	1974	250 880	985 113	30	1,5%	5,0%	4,2%
2 Pompes d'exhaures	1983	325 961	432 338	30	1,5%	5,0%	4,2%
Génie civil - Bassin	1983	127 156	168 653	75	0,3%	1,0%	1,6%
Transformateur	1987	86 480	97 005	50	1,5%	5,0%	2,5%
3° Pompe	1987	49 695	55 743	30	1,5%	5,0%	4,2%
1 Surpresseur	1987	171 824	192 736	30	1,5%	5,0%	4,2%
1 Surpresseur	1989	146 769	154 170	30	1,5%	5,0%	4,2%
Total		2 560 765	8 900 860				
Total /ha			23 927				

Annexe 2 : Les variations de revenus (avec un tarif proportionnel)

Structure des coûts en t = 28		S1	S2	S3	S4	S5
MARGE (hors facture ASA)		3525613	3525613	3525613	3409400	3409400
- Facture ASA		347882	359261	362757	439670	509944
Facture ASA / Revenu		45%	47%	47%	77%	102%
Coût du mètre cube d'eau		0,50	0,52	0,52	0,85	0,98
Consommation		692601	692601	692601	519451	519451
MARGE BRUTE		3177731	3166352	3162856	2969730	2899456
Variation / S1(28)		0,0%	-0,4%	-0,5%	-6,5%	-8,8%
CHARGES DE STRUCTURE TOTALES		2397793	2397793	2397793	2397793	2397793
Charges de structures (hors matériel de surface)		2184600	2184600	2184600	2184600	2184600
Charges de structures matériel de surface		213193	213193	213193	213193	213193
REVENU		779938	768559	765063	571937	501663
- par exploitation		155988	153712	153013	114387	100333
- par hectare irrigué		1906	1878	1870	1398	1226
- par hectare de SAU		1178	1161	1156	864	758
Variation / S1(28)		0,0%	-1,5%	-1,9%	-26,7%	-35,7%
Variation / S2(28) situation actuelle		1,5%	0,0%	-0,5%	-25,6%	-34,7%

Structure des coûts en t = 48		S1	S2	S3	S4	S5
MARGE (hors facture ASA)		3525613	3525613	3409400	3409400	3409400
- Facture ASA		293792	386806	418781	420344	490504
Facture ASA / Revenu		35%	52%	71%	71%	94%
Coût du mètre cube d'eau		0,42	0,56	0,81	0,81	0,94
Consommation		692601	692601	519451	519451	519451
MARGE BRUTE		3231821	3138807	2990619	2989056	2918896
Variation / S1(48)		0,0%	-2,9%	-7,5%	-7,5%	-9,7%
Variation / S1(28)		1,7%	-1,2%	-5,9%	-5,9%	-8,1%
CHARGES DE STRUCTURE TOTALES		2397793	2397793	2397793	2397793	2397793
Charges de structures (hors matériel de surface)		2184600	2184600	2184600	2184600	2184600
Charges de structures matériel de surface		213193	213193	213193	213193	213193
REVENU		834028	741014	592826	591263	521103
- par exploitation		166806	148203	118565	118253	104221
- par hectare irrigué		2038	1811	1449	1445	1273
- par hectare de SAU		1260	1119	896	893	787
Variation / S1(28)		6,9%	-5,0%	-24,0%	-24,2%	-33,2%
Variation / S1(48)		0,0%	-11,2%	-28,9%	-29,1%	-37,5%
Variation / S2(28) situation actuelle		8,5%	-3,6%	-22,9%	-23,1%	-32,2%
Variation / S2(48)		12,6%	0,0%	-20,0%	-20,2%	-29,7%
Variation (28) / (48)		6,9%	-3,6%	-22,5%	3,4%	3,9%

Les externalités positives dans les systèmes irrigués rizicoles des tropiques humides et la question des usages et tarification de l'eau

Daniel RENAULT^{*1}, Marielle MONTGINOUL^{**}

^{*}Cnearc, BP 5098 - 34033 Montpellier, France

^{**}Umr Cemagref - Engees en Gestion des services publics, 1 Quai Koch, BP 1039, 67 070 Strasbourg Cedex, France

Résumé. — L'existence d'externalités importantes, conséquence d'une présence d'eau permanente sur l'ensemble des parcelles rizicoles, complexifie l'application du principe « l'utilisateur paie l'eau » sur les systèmes rizicoles des tropiques humides. Sur un périmètre du Sri Lanka, la consommation réelle des cultures par évapotranspiration (internalité) ne s'élève qu'à 23 % de la disponibilité nette en eau sur le périmètre (eau d'irrigation plus précipitation), alors que les usages induits (externalités positives pour la plupart) sont estimés à 61 % du total. La part restante 16 % est considérée comme perdue. La présence de multiples usages de l'eau, l'absence de liberté pour l'utilisateur d'influer le service par ces pratiques au champ et le manque de moyen de coercition pour le gestionnaire sont des handicaps majeurs pour le succès d'une gestion de type service, liant le service de l'eau à des procédures spécifiques de facturation pour chaque usage sur le périmètre. Dans cette étude, on considère une alternative fondée sur la notion de communauté vivant sur le périmètre comme bénéficiaire de la gestion de l'eau. Le principe de faire supporter par l'ensemble de la population le coût de l'irrigation est considéré comme une option envisageable.

Abstract — Positive externalities in rice based system of the Humid Tropics: issues for water uses management and water charging. The practice of service-oriented management based on the «user payer» principle is complex for rice based systems of the humid tropics because of important externalities generated by irrigation due to the permanent presence of water throughout the gross command area. In a case study from Sri Lanka, internal crop consumption, by evapotranspiration, appears to amount to only 23 % of the net water available within the scheme (irrigation plus rainfall); while the external uses of irrigation water (externalities) are estimated at 61 % of the same value. The remaining fraction of 16% is accounted for by real losses. The existence of multiple uses of water, the lack of freedom for the user in influencing the service according to his field practices and the lack of coercive means to deal with non payers, are major handicaps for introducing a service oriented management with adapted charging procedure for each use of water. This study considers, as an alternative, the idea of the entire community living within the gross command area as the user or beneficiary of water management practices. The principle of charging the population is therefore examined as a possible option.

1. L'étude de terrain a été conduite par l'auteur dans le cadre du programme de collaboration entre le Cemagref et l'Institut international de gestion de l'eau IWMI PO Box 20 75 Colombo Sri Lanka.

Introduction

L'amélioration de la gestion des ressources et des usages de l'eau en vue d'une meilleure productivité de l'eau sur les périmètres irrigués requiert une réforme des pratiques courantes et l'introduction d'une gestion tournée vers le service (Hofwegen et Malano, 1997). Ce type de gestion repose sur trois piliers : une identification précise des usagers, une spécification claire du service à fournir à chaque usager et une politique de facturation appropriée (tarification et procédure de recouvrement) basée sur le principe de l'« usager paye l'eau ». Tout cela vise à rendre un service acceptable à un coût raisonnable pour l'usager, tout en assurant la pérennité des équipements et des ressources en eau, et une stabilité financière de l'agence fournissant le service.

L'examen des conditions pratiques d'application de ce modèle est fondamental pour juger de son adaptation au contexte. Ces conditions sont généralement très diverses, souvent liées aux possibilités pratiques de mise en œuvre du principe d'un lien direct (proportionnalité ou autre), entre le prix payé par l'usager et le service reçu. L'équivalence entre l'avantage reçu et le prix payé est, en effet, un des grands principes de bonne gestion, largement reconnu (Ostrom, 1992).

Dans les systèmes rizicoles, la responsabilisation vis-à-vis du service de l'eau se heurte à un certain nombre de difficultés liées à la présence de nombreux usages de l'eau, au manque de liberté de l'usager dans le choix des paramètres de l'irrigation et au manque de moyen coercitif en cas de non-paiement.

Premièrement, la multiplicité des usages de l'eau sur les périmètres irrigués rizicoles (Bakker et al., 1999) rend difficile une identification et un établissement clair des usages et la mise en œuvre d'une relation responsable entre le gestionnaire et tous les usagers. Dans les zones sèches des tropiques humides, par exemple, toute une végétation arborée s'épanouit en profitant de son association avec les rizières et des apports d'eau d'irrigation (Renault et al., 2000). Difficile dans ce cas d'établir clairement les droits et devoirs de l'usager correspondant à cette végétation pérenne.

Deuxièmement, l'hypothèse de l'usager incorporant les signaux économiques donnés par la tarification de l'eau dans ses choix de culture et de pratiques (Dinar et Subramanian, 1997) ne se vérifie pas en système rizicole où le choix laissé aux usagers reste limité. La culture (le riz) et les paramètres de l'irrigation (calendrier et dose) sont en pratique imposés, parce que l'irrigation est organisée de manière collective et la livraison d'eau assurée en continue.

Troisièmement, les rizières interconnectées soit par des surverses, soit par des transferts latéraux de subsurface, fonctionnent hydrauliquement et sont alimentées par grands blocs. En conséquence, les possibilités réelles de supprimer le service aux non-payeurs, condition du succès d'une gestion efficace du service (Anukularmphai, 1996) ne sont pas réunies ; l'unité minimale sur laquelle la menace de coupure d'eau peut s'exercer et avoir de l'influence sur le taux de recouvrement dépasse largement le niveau de la parcelle et celui d'un seul usager. Ces trois difficultés renvoient à un phénomène commun : la présence de fortes externalités dans le processus d'irrigation sur les systèmes rizicoles.

L'introduction de la tarification dans les systèmes rizicoles asiatiques a souvent échoué, les raisons invoquées font l'objet de débats importants : certains pensent que la technologie est en cause (Burns, 1993), d'autres relèvent à juste titre que si le volume d'eau livré est habituellement une bonne mesure du service pour les usages industriels ou domestiques, en irrigation, l'eau consommée est une unité de mesure du service plus appropriée, et malheureusement cette dernière est extrêmement difficile à mesurer (Perry, 2001). L'hypothèse retenue ici est que les raisons des échecs sont aussi et avant tout liées à l'ignorance des externalités et de leur influence sur la gestion du service. On souligne d'abord l'importance des externalités dans les systèmes rizicoles asiatiques avant d'esquisser une approche alternative des notions de service, d'usager et de tarification sur la base du concept de « communauté bénéficiaire comme usager du service de l'eau ».

L'importance des externalités dans les systèmes rizicoles : le cas du Sri Lanka

Les externalités sont connues en tant qu'effets externes, économies externes (bénéficiaire ou externalité positive) et déséconomies (externalité négative). Le concept d'externalité a été largement développé pour traiter de la pollution et d'autres effets indésirables d'une activité sur l'environnement. Le but ultime

d'une bonne gestion est alors d'internaliser les externalités, ce qui revient à incorporer le coût des effets induits dans le processus initial de telle façon que l'utilisateur paye pour ces effets.

La notion d'externalité comme celle d'internalité sont des notions relatives et ne peuvent se définir que par référence à un processus spécifique. Ainsi, la notion d'internalité se réfère à la ou les fonctions de base assignées au processus, et l'externalité aux effets autres que ces fonctions. Par exemple, si l'on considère le processus irrigation comme la mise à disposition des plantes d'un apport d'eau externe à la parcelle, l'évapotranspiration des plantes est l'internalité du processus et tous les autres effets sont des externalités.

Sur les systèmes rizicoles, on constate d'importantes externalités, conséquences d'une présence en continu d'eau sur la parcelle. Il est assez courant de noter que plus de 50 % de l'eau apportée sur la rizière n'est pas évaporée par la culture, mais est soit surversée dans un réseau de drainage, soit infiltrée dans le sous-sol. Les effets occasionnés par la fraction d'eau qui s'échappe de la parcelle représentent des externalités au processus d'irrigation qui peuvent être classées négatives, par exemple si leurs conséquences sur la salinité du sol ou de l'eau souterraine sont néfastes, positives si elles ont des effets valorisants sur le milieu ou génèrent des usages positifs additionnels. Une fraction d'eau peut aussi être classée comme « perte réelle », si l'eau n'est plus utilisable après s'être échappée du système.

Des études récentes au Sri Lanka (Molden *et al.*, 1999 ; Renault *et al.*, 2000), ont montré que les externalités des systèmes rizicoles peuvent être très élevées. Sur l'exemple considéré dans cette étude, un projet du Sud Est de l'île (Koisp *Kirindi Oya Irrigation Settlement Project*), celles-ci représentent une fraction de 61 % du volume net d'eau disponible sur le périmètre, alors que l'évapotranspiration des cultures ne s'élève qu'à 23 %. La disponibilité nette en eau sur le périmètre est calculée en additionnant la précipitation cumulée sur le périmètre dominé, les livraisons d'eau d'irrigation, en soustrayant la variation de stock et les volumes réservés pour des usages à l'aval. La fraction restante de 16 %, est considérée comme une perte réelle (déversée directement dans l'océan).

Ce projet est localisé dans la zone sèche du Sri Lanka, une zone où la pluviométrie se situe entre 1 000 et 1 500 mm/an, mais concentrée uniquement sur 4 à 5 mois. Le site peut être considéré comme représentatif des zones des tropiques humides soumises à une seule saison de mousson, et qui sont rencontrées essentiellement dans les parties orientales des terres émergées en Asie du Sud. Dans ce type de climat, l'irrigation vient en complément de la mousson durant la saison humide (riz), et fournit l'essentiel de l'approvisionnement en saison sèche (riz ou culture de diversification).

L'importance et la valeur des externalités en système rizicole

L'importance d'une externalité peut être mesurée de deux façons, d'abord par la valeur relative du volume d'eau perdu par le processus interne (déséconomies) et ensuite par son effet, positif ou négatif. Lorsque l'externalité est positive, le bénéfice représente soit la valeur générée dans l'usage externe (valeur de production) soit le coût d'opportunité de l'eau utilisée (le revenu généré si l'eau était utilisée ailleurs). Lorsque l'externalité est négative, le coût est lié à la réhabilitation des domaines atteints ou à l'élimination des effets induits. Dans ce qui suit, les externalités sont discutées sur la base des valeurs relevées sur le projet Koisp au Sri Lanka. Elles sont analysées en considérant les deux aspects cités précédemment, toutefois seule la fraction du volume d'eau concernée fait l'objet d'une quantification poussée. Le bilan des flux d'eaux (internalités et externalités) est présenté à la figure 1 à partir de données recueillies sur une année (1998).

Externalités liées à la jachère

Durant la période de jachère, la consommation d'eau des rizières (du fait de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes herbacées) est loin d'être négligeable. Sur une période d'un an, elle a été estimée sur le projet Koisp à environ 2/3 de la consommation d'une saison de culture, soit 8 % de l'eau disponible. Le statut de cette consommation fait débat : doit-elle être considérée comme une perte nette ou plutôt comme un usage à faible bénéfice, en considérant que la jachère fournit une forme de nourrir au bétail, qu'elle permet de faire reposer le sol et de régénérer la terre (externalité positive faible) ?

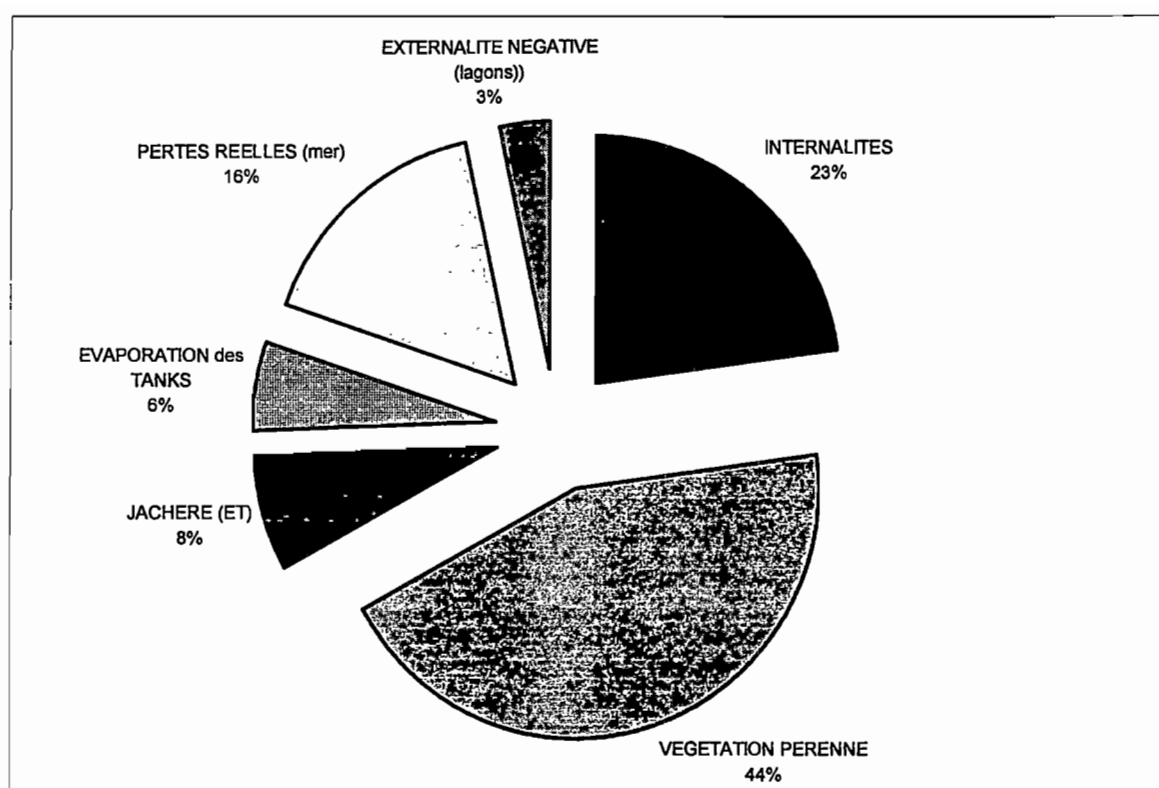


Figure 1. Répartition des internalités et externalités par rapport aux volumes d'eau consommés sur le projet Koisp.

Externalités liées aux plans d'eau

Les plans d'eau considérés ici sont les réservoirs, petits ou grands, les lagons, les cours d'eau naturels et les canaux, abondants dans le sud de l'Asie (Sri Lanka, sud de l'Inde). Sur Koisp, la surface des plans d'eau représente 6 % de la surface dominée, en n'incluant pas la construction récente de la nouvelle retenue principale, et 18 % de la surface cultivée. Dans ce contexte, l'eau consommée par évaporation directe des plans d'eau est loin d'être négligeable. Cette consommation, estimée sur le projet Koisp à 6 % de l'offre nette, est une évaporation directe et non le résultat d'un processus particulier et bénéfique, comme la transpiration des végétaux.

Les bénéfices des plans d'eau sont nombreux : pêche, usage domestique, effets environnementaux, baignade, tourisme, etc. Une étude récente (Renwick, 2001) montre que la pêche au sein du système Koisp représente une contribution économique évaluée à 18 % de celle relevée pour les rizières. Dans les périmètres rizicoles, de nombreuses activités humaines ne sont possibles que grâce à un accès permanent et facile à l'eau. Et quand une partie de la zone n'est pas irriguée, la population souffre et les conditions sanitaires peuvent rapidement se détériorer.

Dans les tropiques humides, les externalités liées aux eaux de surface ne sont pas uniquement positives. L'eau stagnante génère aussi des effets négatifs, car elle fournit les conditions idéales à la prolifération des maladies comme le paludisme (Mutuwatte *et al.*, 1997 ; Matsuno *et al.*, 1999). La prise en compte de ces externalités négatives dans la conception de la gestion du système irrigué reste toutefois un défi du fait de conflits d'objectifs. Les conditions de prolifération du vecteur du paludisme peuvent être en effet nettement diminuées en générant des fluctuations de niveau d'eau dans les canaux et les cours d'eau, alors que l'objectif de tout gestionnaire est précisément de minimiser les fluctuations de niveau pour assurer la régularité des livraisons d'eau sur l'ensemble du réseau.

Externalités liées à la présence de végétation pérenne

Au sein des périmètres irrigués des zones sèches ou arides, la consommation d'eau de la végétation non irriguée reste habituellement faible ou marginale tant qu'elle ne couvre qu'une proportion limitée de la surface concernée (Molden *et al.*, 1999). Dans les systèmes rizicoles des tropiques humides, la situation opposée n'est pas rare, comme l'illustre le projet discuté ici. Sur ce projet, la consommation de la végétation pérenne atteint 44 % de la ressource nette disponible pour le périmètre.

Garantir une offre en eau régulière dans ces zones a permis le développement d'une végétation pérenne qui ne se serait pas développée sans l'irrigation : ce type de végétation en effet est originaire des zones humides de l'île, où la pluie tombe régulièrement et apporte plus de 2 000 mm par an. Nous sommes donc ici en présence de systèmes agroforestiers particuliers générés par l'irrigation. La végétation pérenne, soit naturelle soit introduite et plantée par l'homme, est dans les deux cas bénéfique à la communauté locale. La végétation plantée inclut les cocotiers (strate haute), les arbres fruitiers (strate moyenne) et médicinaux (strate basse) ; la végétation herbacée est également considérée comme bénéficiaire car utile pour la nourriture du bétail.

De manière surprenante, l'importance de la consommation d'eau liée à cette végétation a été totalement négligée aussi bien par les experts que par les gestionnaires. Pourtant, cette externalité du processus d'irrigation peut être facilement et immédiatement mise en évidence en comparant simplement le type de végétation trouvé dans les zones irriguées avec celui des zones voisines non irriguées.

L'importance de la végétation non cultivée sur le bilan global peut être appréciée par le ratio entre la surface irriguée et la surface du périmètre considéré. Sur Koisp, ce ratio n'atteint qu'environ 33 %. Après déduction des surfaces consacrées à d'autres usages (principalement les retenues d'eau), il apparaît que plus de 60 % du périmètre dominé est en fait consacré à de la végétation non cultivée. Ignorer sa consommation a donc conduit à une sous-estimation systématique des besoins en eau du périmètre.

Les bénéfices retirés de la végétation pérenne sont relativement similaires à ceux rencontrés dans les systèmes agroforestiers (Mac Dicken et Vergara, 1990) : la végétation pérenne, soit plantée dans les zones habitables ou poussant naturellement dans les zones irriguées, améliore grandement le cadre de vie (Wickramasinghe, 1992). Elle fournit de l'ombre et de la fraîcheur, permet de se protéger du soleil tropical très violent et augmente la biodiversité de l'écosystème. Comme dans d'autres régions d'Asie, tel le Kerala en Inde (Salam et Sreekumar, 1991), les jardins familiaux au Sri Lanka sont importants pour les agriculteurs car ils leur fournissent de la nourriture, des plantes médicinales, du bois de chauffage, un environnement plaisant et des matières premières pour l'artisanat. Comme il a été mentionné précédemment, le développement de l'irrigation n'a pas uniquement permis deux cultures par an, mais a aussi modifié profondément les systèmes agroforestiers traditionnels. L'un des arbres favoris plantés par les agriculteurs dans leur jardin est le cocotier appelé « arbre de la vie » car chaque partie est utilisée (Persley, 1992) (chair, feuilles, écorce, coques, lait, etc.). Pereira (1991) note que dans de nombreux endroits du sud de l'Asie (Sri Lanka, Java, Bali) un arbre qui satisfait plusieurs besoins est véritablement adapté pour faire face à la forte densité humaine. En reprenant la classification des systèmes agroforestiers de Nair (1990), ces systèmes irrigués agroforestiers peuvent être généralement classifiés comme de l'« agrisilviculture » et, occasionnellement, quand la jachère joue un rôle clé dans l'alimentation du bétail, de l'« agrosilvopastoralisme ».

Les externalités négatives du drainage

Dans les lagons côtiers de Koisp, l'excès d'eau douce drainée par les nouveaux périmètres irrigués génère une forte diminution de leur niveau de salinité (Matsuno, 1999), ce qui affecte en retour les activités de pêche et la vie sauvage (oiseaux). Cet excès d'eau, estimé dans Koisp actuellement à 3,4 % de l'eau disponible, est donc à l'origine d'externalités négatives. Notons que l'autre moitié de l'eau de drainage est supposée constituer la contribution normale naturelle des cours d'eau aux lagons.

Les challenges pour la gestion de l'eau

Les nombreuses externalités sont autant d'importants challenges pour la gestion de systèmes rizicoles irrigués. Le « service à la culture irriguée », que l'on peut considérer comme l'internalité du processus irrigation (objectif fondamental et initial du système irrigué) est dans ces conditions-là, marginal en termes de quantité d'eau distribuée (23 % dans Koisp) tandis que les externalités prédominent (61 % du flux total). Une telle situation n'est ni commune ni confortable pour un gestionnaire, et ce d'autant plus qu'à notre connaissance, un tel cas n'a pas encore jusqu'à présent été bien analysé : il n'y a donc ni méthode ni référence de disponible pour aider les gestionnaires à y faire face.

Cette situation présente des défis tant au niveau théorique que pratique. Ils peuvent être résumés par trois questions.

- Doit-on internaliser les externalités et redéfinir alors la mission du gestionnaire du périmètre irrigué ?
- Les agriculteurs doivent-ils rester les usagers principaux, les autres usagers de l'eau étant alors considérés comme relevant d'externalités positives nécessitant un transfert de coût ?
- Les habitants vivant sur le périmètre doivent-ils être considérés comme les usagers/bénéficiaires de la distribution de l'eau ?

La facturation de l'eau sur les systèmes rizicoles à fortes externalités

La facturation de l'eau est généralement introduite sur les systèmes irrigués pour un ou deux objectifs de base : générer des économies d'eau et équilibrer les comptes financiers de l'organisme en charge de la gestion du système. La facturation implique une tarification adaptée pour induire une plus grande responsabilité de l'utilisateur vis-à-vis de ses consommations et une procédure efficace de recouvrement des coûts.

On considère souvent que l'introduction de la facturation du coût de l'eau sur les systèmes irrigués en Asie a connu peu de succès (Rice, 1997). En dépit d'un accord général des pays d'Asie sur l'utilité d'introduire le principe « l'utilisateur paie l'eau », la facturation de l'eau est restée essentiellement forfaitaire, basée sur la surface desservie et à un niveau très bas, comme on a pu le constater lors d'une rencontre internationale sur le sujet (Arriens et al., 1996). On invoque ici comme explication au manque de succès des politiques du prix de l'eau, le fait que ce sont des concepts dérivés des systèmes irrigués arides qui ont été transposés aux systèmes rizicoles des zones tropicales humides, sans avoir considéré les particularités de ces systèmes et en particulier l'importance des externalités. Ce constat corrobore l'analyse effectuée par Perry et al. (1997), à propos des externalités comme l'une des causes de l'échec des marchés de l'eau dans la gestion des ressources en eau.

L'effet du prix sur les économies d'eau

L'un des effets positifs de l'instauration de la facturation de l'eau est de générer des économies d'eau en faisant l'hypothèse que l'utilisateur va économiser l'eau pour minimiser le coût de sa facture. Cela implique d'abord que les économies ainsi générées soient bien réelles (Seckler, 1996) et financièrement intéressantes. Cela bien sûr ne marche pas si le coût pour économiser l'eau et pour mesurer les consommations est supérieur aux gains escomptés. Et cela ne marche pas non plus si la liberté de choix des cultures en fonction de leur consommation spécifique en eau est limitée.

Les systèmes rizicoles en règle générale présentent tous les inconvénients évoqués précédemment, ce qui compromet le succès d'une politique de prix de l'eau sur une base volumétrique. A cause de l'effet incontournable des transferts latéraux, l'évapotranspiration (consommation réelle) est proche de son maximum sur l'ensemble de la superficie dominée. La diversification des cultures est limitée par le climat en saison des pluies et par les capacités d'absorption du marché en saison sèche. L'eau de percolation est généralement réutilisée à l'aval, en conséquence les économies d'eau ne sont pas réelles. Presque dans tous les cas de figure, l'élasticité entre le prix de l'eau et la consommation en système rizicole est nulle ou négligeable. Il semble donc que la facturation de l'eau en système rizicole ne peut, par nature, générer des économies d'eau chez l'utilisateur et une augmentation de la productivité hydrique comme cela peut être le cas en système irrigué de type sec ou aride. En conséquence, la justification de la facturation du prix de l'eau aux usagers pour augmenter la productivité de l'eau ne tient pas et doit être abandonnée. Finalement la seule façon raisonnable de générer des économies d'eau sur système rizicole est d'accroître le recyclage de l'eau s'échappant du système.

Facturation pour l'équilibre financier

La seconde justification pour une introduction du prix de l'eau est de générer suffisamment de revenus auprès de l'agence chargée de la production du service, pour qu'elle puisse gérer durablement l'ensemble des équipements. Cette justification est toujours valide, mais peut-être que la notion « d'usager du service » doit être repensée dans ce cas.

Comme il a été montré ici, la consommation en eau réelle des cultures irriguées dans les systèmes rizicoles représente souvent une part faible de l'approvisionnement total et de la consommation totale en eau. Il semble bien que des valeurs inférieures à 40 % soient courantes au Sri Lanka. La question qui vient alors immédiatement à l'esprit est comment une tarification juste peut-elle être mise en place, non seulement auprès des agriculteurs mais aussi auprès de tous les autres bénéficiaires de la gestion de l'irrigation. Dans un contexte où les usages autres que l'eau aux plantes sont largement dominants, il est irréaliste de ne facturer l'eau qu'aux agriculteurs. Il est tout aussi irréaliste de vouloir facturer les usages liés aux pêches dans les réservoirs et les usagers de la végétation pérenne.

Facturer à la surface

En ne considérant que l'usage riz irrigué, la consommation réelle d'eau (Etr) peut être considérée comme homogène sur le périmètre et une tarification à la surface est équitable. Pour la végétation pérenne, il est plus difficile de définir une politique juste. En principe, une facturation à la surface pourrait aussi être envisagée, en considérant la même hypothèse d'homogénéité des consommations. Quelques difficultés pratiques relèvent du fait que la végétation pérenne n'est pas cantonnée au domaine privé des jardins familiaux, mais couvre aussi le domaine public, le long des canaux, des routes, des réservoirs, et enfin qu'une part importante est située en zone urbaine sur des terrains privés ou publics.

Le recouvrement : le manque de moyen de coercition

Il y a certainement de nombreuses conditions au succès dans le recouvrement du prix d'un service auprès des usagers, dans la définition conjointe d'un service et dans le développement d'une politique tarifaire appropriée. Deux importantes conditions sont la volonté politique d'imposer le principe « usager payeur » et la possibilité pratique de supprimer le service en cas de non-paiement (Anukularmphai, 1996). Dans les systèmes rizicoles, indépendamment de la volonté ou non d'imposer le principe, il n'y a pas de moyen efficace pour le fournisseur du service de supprimer le service aux usagers qui ne payent pas leur consommation d'eau. Soit, c'est impossible tout simplement parce que l'usager est dans un système en cascade soit, les transferts d'eau latéraux peuvent compenser dans une grande mesure les restrictions de livraison d'eau sur une parcelle.

Pour une approche communautaire de la gestion du service de l'eau

Cette troisième et dernière partie examine brièvement des pistes de réflexions autour d'un cadre institutionnel de gestion de l'eau, renouvelé pour satisfaire les objectifs fondamentaux d'une gestion durable : à savoir une satisfaction équitable des divers usagers, l'équilibre des comptes du gestionnaire et une gestion économe de la ressource en eau.

Il s'agit à la fois de s'efforcer de tirer parti du modèle classique de gestion orienté vers le service, basé sur la double responsabilité de l'agence et de l'usager, et à la fois de s'affranchir des difficultés spécifiques d'applications liées aux externalités, que l'on rappelle ci-dessous :

- impossibilité de distinguer l'usager individuel au sein d'un bloc d'usagers ;
- multiplicité des types d'usagers sur le territoire, liée à l'importance des externalités ;
- choix de service très limité pour l'usager.

On considère ici une option qui découle de la constatation que la communauté locale vivant sur le périmètre, dans son ensemble, tire parti du service de l'eau et de la distribution sur le domaine. Les agriculteurs, les pêcheurs, les industriels (ici, il s'agit du tourisme), les urbains et les ruraux, tous à des degrés divers sont des bénéficiaires importants de la gestion de l'eau et des infrastructures et du type de pratique d'irrigation à la parcelle.

Un service étendu pour le territoire dominé

Un service étendu peut être défini pour l'ensemble de la surface du territoire dominé. Ce service n'est pas caractérisé par les classiques indicateurs de performance sur les livraisons d'eau, comme l'adéquation ou la ponctualité. Le service ici est d'offrir un accès quasi permanent à l'eau sur l'ensemble du territoire, en considérant l'eau de surface et l'eau souterraine. On doit rappeler que ce type de service n'est pas entièrement nouveau pour les gestionnaires de périmètre irrigué au Sri Lanka. Ils appliquent ce principe en mettant en eau certains réservoirs intermédiaires et les canaux principaux pour faciliter l'accès à l'eau des populations riveraines, hors saison d'irrigation. Ce qui serait nouveau, c'est d'étendre ce principe à l'ensemble des sources d'eau et à tous les usages. La surface desservie par l'infrastructure hydraulique est alors considérée par grande catégorie d'occupation du sol et par les conditions topographiques. Par exemple, on pourrait diviser la surface dominée en trois catégories principales :

- Les terres cultivées et irriguées ;
- les terres non intentionnellement cultivées mais alimentées par gravité (alimentation de surface et de subsurface) ;
- les surfaces non alimentées pour des raisons de topographies (terres hautes) et qui sont dans des situations comparables aux zones sèches limitrophes du périmètre (avec une sous-catégorie cependant pour les terres pouvant être alimentées par pompes individuelles).

L'intégration des externalités positives comme usages de l'eau

L'examen des périmètres rizicoles montre que les externalités positives correspondent de facto à des usages bénéficiaires de l'eau. En présence de fortes externalités positives, le schéma classique de gestion du service de l'eau aux irrigants ne tient plus. Ainsi faut-il parler de gestion intégrée des usages de l'eau en reliant chaque externalité positive à un usage ou un usager qui lui correspond.

Au-delà du constat que chaque habitant vivant ou chaque acteur économique exerçant sur le territoire du périmètre irrigué rizicole est bénéficiaire à un ou plusieurs titres du service de l'eau dans son ensemble, il s'agit quand même d'apporter quelques distinctions dans les activités et les bénéfices relevant du service de l'eau. Les critères de partition peuvent être multiples et il n'existe certainement pas qu'une seule façon de bâtir une typologie des usages de l'eau dans ces situations complexes. On peut distinguer le type d'activité : productive – non productive (satisfaction d'un besoin personnel domestique) ; le type d'usage : consommateur (évapotranspiration) – non-consommateur basé sur la présence d'eau (usage domestique – pêche – tourisme) ; le type de bénéficiaires : directs (habitants du territoire) – indirects (communauté extérieure, nationale, environnement, etc.).

Dans une première approche, volontairement simplifiée, on considère trois grandes catégories d'usagers :

- les activités consommatrices : avec pour principale l'activité agricole (rizicole, autres cultures) mais également la couverture de végétation pérenne naturelle ou cultivée (jardin) et l'environnement (plan d'eau, lagons) ;
- les activités productives qui bénéficient de la présence de l'eau : pêches, l'industrie du tourisme ;
- les activités non productives qui utilisent l'eau sans consommer : l'accès à l'eau domestique, eau de baignade.

Un schéma institutionnel articulé « Etat – communauté »

Le schéma qui pourrait être proposé à la discussion pour réformer le cadre institutionnel de la gestion, doit se fonder sur le schéma existant dans lequel l'agence locale du département national d'irrigation est à la fois le représentant de l'Etat dans la gestion des ressources en eaux, l'agence de gestion des infrastructures et l'agence de distribution de l'eau aux usagers. Les réformes institutionnelles mises en œuvre dans les années 90 au Sri Lanka ont porté uniquement sur le secteur irrigué en transférant la gestion des canaux tertiaires à des associations d'irrigants.

Dans l'optique d'un nouveau schéma institutionnel, l'eau pourrait être considérée comme patrimoine commun de la nation, et l'Etat comme le garant de la gestion des ressources du pays, à l'instar de ce qui se pratique dans de nombreux pays, dont la France.

Sur Koisp, l'Etat a investi lourdement au milieu des années 80 (110 millions d'euros en valeur 1990) pour créer de la ressource et développer l'ensemble du périmètre, il doit chercher les moyens de

responsabiliser les usagers et de trouver un optimum dans l'allocation de l'eau afin de satisfaire d'autres usages importants alors que la ressource est limitée au niveau régional. L'Etat pourrait être considéré comme l'autorité de régulation, garantissant une gestion équitable des ressources. La communauté vivant et exerçant sur le territoire irrigué, forte d'environ 70 000 habitants, étant alors considérée comme l'utilisateur d'un service de l'eau (ressource de surface) produit et fournit par l'agence d'Etat.

Dans ce cadre institutionnel « Etat-communauté », le modèle de gestion orienté service s'applique parfaitement : l'utilisateur serait la communauté tout entière, le service de l'eau est principalement centré sur la livraison d'eau à la communauté par le gérant des infrastructures, à partir d'un barrage-réservoir à l'amont du système. Ce service est facilement quantifiable et peut donner lieu à une facturation appropriée, avec des coûts de transactions minimales. L'application du principe « l'utilisateur paie l'eau » ne pose alors pas de problème particulier. L'utilisateur « communauté » a tout intérêt à optimiser la gestion de ses ressources en eau et notamment celle qu'il génère en interne (récolte de pluies) afin de minimiser le montant de ses achats d'eau à la collectivité nationale.

Economies d'eau à l'échelle du périmètre

On l'a vu, la génération d'économies d'eau pour un usager individuel manque de sens dans un système à fortes externalités positives. Cela ne veut en aucun cas dire que les économies ne sont pas possibles ni souhaitables. L'eau a une grande valeur collective dans le système et la recherche d'économies d'eau est pertinente à l'échelle du périmètre pour l'ensemble de la communauté. Dans le cadre constitutionnel proposé, si la communauté doit s'acquitter auprès de l'Etat d'une redevance proportionnelle aux livraisons d'eau effectuées, et si le tarif est suffisamment incitatif, alors la communauté sera très encline à rechercher les économies d'eau sur son territoire.

Sur le projet Koisp par exemple, le cumul des externalités négatives et des pertes réelles d'eau, représente une fraction estimée à 20 % de la ressource nette disponible (pluie et eau d'irrigation), c'est-à-dire presque l'équivalent de la consommation réelle des plantes. Améliorer la gestion pour diminuer ces pertes serait donc extrêmement intéressant au plan de la gestion globale du système et pour la communauté, si elle y trouve une incitation forte du point de vue économique, en diminuant la facture payée à l'agence d'Etat.

Le service interne à la communauté et le recouvrement des coûts

Après l'articulation institutionnelle externe de la gestion des ressources en eau pour l'alimentation du territoire irrigué, il reste également à trouver une solution efficace et équitable pour la gestion du service et le recouvrement des coûts dans le cadre de la communauté elle-même. A partir du moment où l'on considère que chaque personne vivante ou exerçant une activité sur le périmètre est bénéficiaire du service de l'eau dans son ensemble, chacun doit, bien entendu, contribuer à la couverture des coûts liés du service de l'eau. Ces coûts engloberaient l'achat d'eau d'irrigation au service gestionnaire des ressources (Etat), les charges de gestion durable de l'infrastructure interne et de fourniture des services aux usagers de la communauté.

A cette échelle, les difficultés abondamment décrites dans cet article sur l'absence de souplesse dans la liaison agence usager conduisent à s'écarter un peu du modèle « l'utilisateur paie l'eau ». Cependant, il n'est pas du tout impossible dans la pratique de définir une forme de proportionnalité entre le service fourni et sa rétribution. Cette proportionnalité peut être globalisée par type d'usage. Ainsi, si l'on se réfère aux trois grandes catégories d'utilisateurs identifiés précédemment, il est possible d'asseoir la contribution des activités consommatrices (rizicole, autres cultures, végétation pérenne, environnement), sur la base de la superficie d'usage, arguant que la consommation, spatialement relativement uniforme, est donc fonction de l'aire d'évapotranspiration. Cela conduit à une contribution indexée à la surface foncière. Les activités productives qui bénéficient de la présence de l'eau (pêches et industrie du tourisme) pourraient contribuer sur la base de leur production (chiffre d'affaires) et les activités non productives qui utilisent l'eau sans consommer (eau domestique et de loisir) sur la base du nombre d'habitants.

Par ce mode de gestion, une forme de proportionnalité entre le service et sa rétribution peut donc être conservée mais aucun choix n'est laissé à l'utilisateur d'adapter sa demande de service et au gestionnaire de contrôler son offre. En particulier, le statut d'utilisateur dans un tel schéma institutionnel n'est pas libre, il ne peut reposer sur l'adhésion volontaire, c'est un statut de facto qui repose sur la propriété foncière, l'exercice d'une activité tributaire de l'eau et la résidence sur le territoire. Le propriétaire, l'actif ou l'habitant

sont considérés de facto comme des usagers-bénéficiaires et à ce titre doivent contribuer à la couverture des coûts de gestion.

Dans un tel schéma institutionnel, l'agriculteur, vivant sur le territoire devrait s'acquitter d'une double contribution, au titre de l'usage de l'eau sur ces terres en premier lieu et de résident en deuxième lieu. Il appartiendrait, bien entendu, à l'instance de représentation des usagers de la communauté dans son ensemble, de se prononcer sur le poids respectif des charges pour chaque type d'usage de l'eau.

Conclusions et perspectives

Confrontée à de larges et positives externalités comme c'est le cas des périmètres rizicoles d'Asie, la gestion du service de l'eau ne peut être conduite sans réformer l'ensemble du schéma institutionnel. La diversité et l'importance des externalités sur les systèmes rizicoles rendent l'approche classique de la fourniture et de la facturation du service inappropriée. Par exemple, la possibilité de supprimer le service en cas de non-paiement n'est pas faisable en pratique. Dans de telles situations, un gestionnaire est confronté à un choix difficile : considérer chaque usage de l'eau séparément ou considérer que l'entière superficie du périmètre bénéficie d'une présence de l'eau soutenue par l'irrigation.

La réforme institutionnelle qui est largement mise en oeuvre dans le secteur de l'irrigation au plan mondial, vise à placer les décisions de gestion dans les mains des utilisateurs. Une étape préliminaire essentielle dans ce procédé est l'identification du système sur lequel la gestion s'applique. Dans le cas d'étude présenté dans cet article, analyser le système comme un périmètre classique avec des cultures irriguées n'est pas approprié étant entendu que moins du quart de l'eau mobilisée est utilisé pour la transpiration des plantes cultivées. Un premier changement de paradigme est de considérer le système comme un système agroforestier tropical, largement répandu dans les tropiques humides (Nair, 1989). La spécificité particulière du système agroforestier en question est d'être supporté par l'irrigation. Pour autant, ce changement dans l'approche n'est pas suffisant pour saisir l'entière complexité du système qui inclut d'autres usages comme l'environnement, l'industrie, l'alimentation en eau des ménages, etc. Il semble nécessaire de prolonger la réflexion pour modéliser le système multi-usages dans sa complexité. Une première étape pour développer une approche institutionnelle appropriée serait de clarifier le statut de la ressource en eau et des ouvrages par rapport aux usagers directs et indirects de l'eau (habitants) vivant sur le périmètre.

L'analyse effectuée dans cette étude souligne les difficultés rencontrées pour appliquer sans adaptation le modèle de gestion orienté vers le service sur les territoires rizicoles complexes des tropiques en Asie. Cependant une partie de ces difficultés peut être contournée si l'on veut bien considérer que c'est l'ensemble des habitants et actifs du territoire irrigué qui bénéficient du service de l'eau. Un modèle où la communauté représentative de l'ensemble des usagers serait l'acteur prépondérant de la gestion par rapport à l'Etat et en tant qu' distributeur de service en interne pour des usages multiples peut être proposé. Ce modèle, adapté aux opportunités et contraintes des systèmes à fortes externalités, présente un certain nombre de garanties par rapport à une gestion durable, notamment une répartition claire des responsabilités et une forme de proportionnalité entre le service et sa rétribution.

Références

- ANUKULARMPHAI A., 1996. Comments and Discussion on the Country Institutional Context. *In* Towards Effective Water Policy in the Asian and Pacific Region. Proc. of the Regional Consultation Workshop. Editors: Arriens W.L., Bird J., Berkoff J. and Mosley P. Asian Development Bank. Manila Philippines.
- ARRIENS W.L., BIRD J., BERKOFF J., MOSLEY P. (editors), 1996. Towards Effective Water Policy in the Asian and Pacific Region. Proceedings of the Regional Consultation Workshop. Asian Development Bank. Manila Philippines.
- BAKKER M, BARKER R., MEINZEN-DICK R., KONRADSEN F. (editors), 1999. Multiple Uses of Water in Irrigated Areas: a case study from Sri Lanka. SWIM paper, 8. IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka.
- BURNS R.E., 1993. Irrigated Rice Culture in monsoon Asia: The Search for an Effective Water Control Technology. *World Development*, 21 (5) : 771-789.

- DINAR A., SUBRAMANIAN A., 1997. Water pricing Experiences: an international perspectives. World Bank Technical Paper, 386 p.
- HOFWEGEN P.J.M., MALANO H.M., 1997. Hydraulic Infrastructure under decentralized and privatized irrigation system management. *In* Deregulation, Decentralization and Privatisation in Irrigation: State Functions Move to the Free Market, German Association for Water Resources and Land Improvement (Edition). Wirtschafts und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn, Germany, p. 188-216.
- MACDICKEN K.G., VERGARA N.T., 1990. Introduction to Agroforestry. *In* Agroforestry: Classification and management. Edited by MacDicken K.G., Vergara N.T., John Wiley et sons.
- MATSUNO Y., 1999. Irrigation and Drainage Water Quality and Impacts of Human Activities on the Aquatic Environment in a Southeastern part of Sri Lanka. *In* Collaborative Research on the Improvement of Irrigation Operation and Management (Final Report). IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka. p. 3-18.
- MATSUNO Y, KONRADSEN F., TASUMI M., VAND DER HOEK W., AMERASINGHE F.P. et AMERASINGHE P.H., 1999. Control of Malatia Mosquito Breeding through Irrigation Water Management. *Water Resources Development*, 15 (1/2) : 93-105.
- MOLDEN, D J., SAKTHIVADIVEL R., HABIB. Z., 1999. Basin water use, conservation and productivity: Examples from South Asia. *In* Proceedings of the 17th Congress on Irrigation and Drainage, Granada, Spain, Vol 1A, ICID, New Delhi, p. 205-225.
- MUTUWATTE L.P., KONRADSEN F., RENAULT D., SHARMA S.K., GULATI O.T., KUMARA W.A.U., 1997. Water-related environmental factors and malaria transmission in Mahi Kadana, Gujarat, India. IIMI Working Paper, 41.
- NAIR P.K.R., 1990. Classification of Agroforestry Systems. *In* Agroforestry: Classification and management. Edited by MacDicken K.G., Vergara N.T., John Wiley et sons.
- NAIR P.K.R. 1989. Ecological spread of major agroforestry systems. *In* Agroforestry Systems in the Tropics. Kluwer Academic Publishers. p. 62- 84.
- OSTROM E., 1992. Crafting Institutions for self-Governing Irrigation Systems. ICS press, 111 p.
- PEREIRA H.C., 1991. Policy and Practice in the Management of Tropical Watersheds. Westview Press, Boulder Co, USA, 237 p.
- PERRY C.J., ROCK M., SECKLER D., 1997. Water as an Economic Good: A solution or a Problem? Research Paper, 14: IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka.
- PERRY C.J., 2001. Charging for Irrigation Water: The issues and Options, with a Case Study from Iran. Research Paper, 52: IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka.
- PERSLEY G.J., 1992. Replanting the tree of life: Towards an international agenda for coconut palm research. Wallingford, UK: CABI; ACIAR; Technical Advisory Committee of the CGIAR. xii, 156 p.
- RENAULT D., HEMAKUMARA M.H., MOLDEN D.W. 2000. Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. *Agricultural Water Management*, 46 (3) :201-213.
- RENWICK M.E., 2001. Vg Water in Irrigated Agriculture and Reservoir Fisheries: A Multiple-Use Irrigation System in Sri Lanka. Research Paper, 51: IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka.
- RICE E.B., 1997. Paddy Irrigation and Water Management in Southeast Asia. OED The World Bank. Washington, USA.
- SALAM A., D. SREEKUMAR, 1991. Kerala Homegardens: A traditional agroforestry system from India. *Agroforestry Today*, 3 (2).
- SECKLER, D., 1996. The new era of water resources management: From «dry» to «rice based» water savings. Research Report 1: IWMI PO BOX 2075 Colombo Sri Lanka.
- WICKRAMASINGHE A., 1992. Trees for Sustainable Survival. *In* Proceedings of the 3rd Regional Workshop on Multipurpose Tree Species. Bangkok May 1992. Ed. Prof. H.P.M. Gunasena Faculty of Agriculture University of Peradeniya. Sri Lanka. p. 144-170.

Thème 4

Des systèmes d'informations
pour qui et pour quoi faire ?

Conséquences de la tutelle publique sur les systèmes d'information des associations d'irrigants en France

Yves LUNET DE LAJONQUIERE*, Patrice GARIN*, Sébastien LOUBIER*

*Cemagref – Irmo, Montpellier, France

Résumé — Les associations syndicales d'irrigation ont contribué depuis plus d'un siècle à l'essor de l'irrigation en France. Elles gèrent aujourd'hui 20 % de la Sau irriguée. La multitude des Asa, leur diversité et leur longévité témoignent de la pertinence du cadre de gestion participative défini par la législation dès 1865. Cependant, cette communication souligne les limites d'une gestion très administrée, fondée sur le respect d'obligations proches de certains services publics et sur une tutelle forte de l'administration. Les fonctions administratives, très réglementées, sont structurées et soutenues par des systèmes d'information complexes qui intègrent progressivement les nouvelles technologies pour satisfaire les exigences des services de tutelles. Les agriculteurs – gestionnaires portent, par contre, un faible intérêt pour une planification stratégique autonome ou pour un contrôle de gestion destiné à une évaluation des performances de leur réseau selon leur propre point de vue. Cela se traduit par l'indigence des systèmes d'information dédiés aux autres fonctions, dont la maintenance. Cette attitude est analysée en référence à un ensemble de facteurs techniques, économiques, sociaux, juridiques et politiques qui apparaissent comme autant de freins à la diffusion d'autres systèmes d'information que ceux imposés par la comptabilité publique. Cette évolution semble pourtant nécessaire compte tenu des changements du contexte socio-économique.

Abstract — **Consequences of the public supervision on the Information Systems of French Water User Associations.** The French Water Users Associations (ASA) have contributed for more than a century to the development of the irrigation in France. They manage 20% of the irrigated area today. The multitude of ASA, their variety and their longevity testifies of the aptness of the frame of participative management defined by the legislation from 1865. But we underline in this communication the limits of a very administered management, based on the respect for obligations close to public utilities and on a strong supervision of the state administration. The administrative, very regulated functions, are structured and supported by complex Information Systems which integrate gradually the new technologies. The water users carry, on the other hand, a weak interest for a management control of the performances of their irrigation network ; this is translated by the poorness of the Information Systems dedicated to technical and economic functions, of which the maintenance. An evolution towards structured Management Information Systems seems necessary considering the changes of the socio-economic context.

Introduction

La création et la gestion d'associations d'irrigants en France se font toujours en référence à la loi du 21 juin 1865 et au décret de 1927. Les 1 860 Associations syndicales autorisées (Asa) d'irrigation recensées gèrent 500 000 ha équipés et arrosent environ 20 % de la superficie totale irriguée (données de 1995 – Gleyses, 1998). On y recense tous les systèmes de cultures irriguées. La moitié d'entre elles (860) gèrent des réseaux collectifs sous pression de taille très variable - 10 à 1 000 ha - créés pour l'essentiel dans les années 70 et 80. Les autres gèrent des réseaux de canaux vieux de quelques décennies à plusieurs siècles, couvrant 10 à plus de 10 000 ha, comprenant parfois des secteurs modernisés sous pression. A la fonction principale d'irrigation des terres agricoles s'ajoute souvent la fourniture d'eau brute pour l'arrosage des jardins, des espaces verts, etc.

La multitude des Asa, leur diversité et leur longévité témoignent de la pertinence du cadre de gestion participative défini par la législation. Mais on voudrait souligner dans cette communication les limites d'une gestion très administrée, fondée sur le respect d'obligations proches de celles auxquelles sont soumis certains services publics et sur une tutelle forte de l'administration. Ce mode de gestion a induit un faible intérêt pour la planification stratégique et le contrôle de gestion chez les agriculteurs - gestionnaires de ces réseaux. Les systèmes d'information, parfois complexes, sont dédiés essentiellement à la comptabilité et à l'élaboration de pièces administratives réclamées par les tutelles.

Après avoir exposé les méthodes d'analyse des systèmes d'information utilisés dans les Asa, on présentera les principes de gestion dictés par la nature juridique de ces structures. On illustrera ensuite la complexité des circuits d'informations imposés par l'administration de l'association, qui contraste avec la faiblesse des moyens dévolus aux autres fonctions, notamment la maintenance.

Cette priorité accordée à une des composantes de la gestion opérationnelle du service de l'eau et le peu d'intérêt accordé au moyen terme sont justifiés par un ensemble de facteurs techniques, économiques, sociaux, juridique et politiques.

La dernière partie plus prospective, souligne pourquoi l'émergence de systèmes d'information dédiés à la planification stratégique ou au contrôle de gestion apparaît inéluctable afin que les Asa développent une capacité d'adaptation dans un contexte socio-économique plus incertain et moins favorable à l'agriculture irriguée.

Éléments de méthodologie

Les travaux sur les outils d'aide à la gestion pour les Asa ont débuté au Cemagref en 1995 à la demande de la Direction de l'espace rural et de la forêt (Derf) du ministère de l'agriculture, qui s'inquiétait des capacités de ces structures à assumer techniquement et financièrement la maintenance des réseaux dont elles ont la responsabilité. En effet, la construction comme la réhabilitation des réseaux collectifs ont bénéficié d'un soutien important des collectivités publiques, concrétisé par des subventions comprises entre 60 et 80 % de l'investissement, au nom de l'aménagement du territoire, des politiques agricoles ou d'une meilleure gestion des ressources en eau par le biais du développement de réseaux collectifs. Mais les subventions de l'Etat dans les réseaux d'irrigation sont appelées à se réduire fortement à l'avenir, posant le problème de la capacité des Asa à assumer le renouvellement des équipements. Dans le même temps, la réduction des effectifs dans les services d'hydrauliques agricoles des Ddaf prive les Asa d'une source d'appui technique traditionnel.

Cette communication présente une synthèse d'enquêtes auprès de 14 réseaux de canaux et de près de 50 Asa de réseaux sous pression. Les investigations ont débuté par des enquêtes auprès de gestionnaires d'Asa (réseaux de canaux et sous pression) et de services qui viennent en appui à ces structures. On a caractérisé les stratégies de maintenance à partir des objectifs assignés à cette fonction, les moyens mobilisés, les critères de suivi évaluation utilisés, en partant d'un échantillon d'Asa du Tarn et de l'Hérault stratifié selon des critères de taille (Kulesza, 1995 ; Rieul *et al.*, 1996 ; Platon *et al.*, 1998).

Un premier prototype de systèmes d'information pour l'archivage de données techniques et économiques sur la maintenance a été testé avec la Cacg¹ avec laquelle une cinquantaine d'Asa du sud-ouest ont signé un contrat de maintenance ou de gestion administrative (Rainibe, 1996). Ce prototype a servi à l'analyse des archives de 45 Asa suivies par la Cacg pour estimer les durées de vie et la fiabilité des principales composantes d'un réseau collectif sous pression (Bouazza, 1997 ; Loubier, 1998).

Dans le même temps, on a participé à un groupe de travail réunissant la Chambre d'agriculture du Tarn, l'Union d'Asa du Lot et la société informatique Adisoft. Son ambition est d'élaborer un outil de comptabilité analytique – le logiciel AsaLyrique - adaptable à la grande diversité des Asa et à même de fournir les indicateurs clés d'un véritable contrôle de gestion. On a notamment analysé les systèmes d'information mis en œuvre dans 12 autres grandes Asa sous pression du sud de la France. Sept géraient leur réseau de façon entièrement autonome ; cinq bénéficiaient de l'appui d'une fédération ou de services agricoles pour leur

1. La Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne est une société d'aménagement régionale dont le mandat s'étend sur les rives du bassin versant de la Garonne.

gestion administrative (Tekouk, 2000). Une première évaluation de l'acceptabilité d'AsaLytique a été menée dans une grande Asa de l'Hérault autonome (réseau gravitaire) et dans un service d'appui aux Asa (Union assurant la gestion administrative de 36 Asa en réseaux sous pression [Fabre, 2000]).

L'analyse de la gestion des Asa a été menée en utilisant l'approche proposée par Anthony (Anthony, 1967) qui consiste à hiérarchiser les niveaux de décision et les pas de temps concernés, à délimiter le champ de responsabilité de chaque individu dans l'organisation et à identifier les systèmes d'information concernés (figure 1).

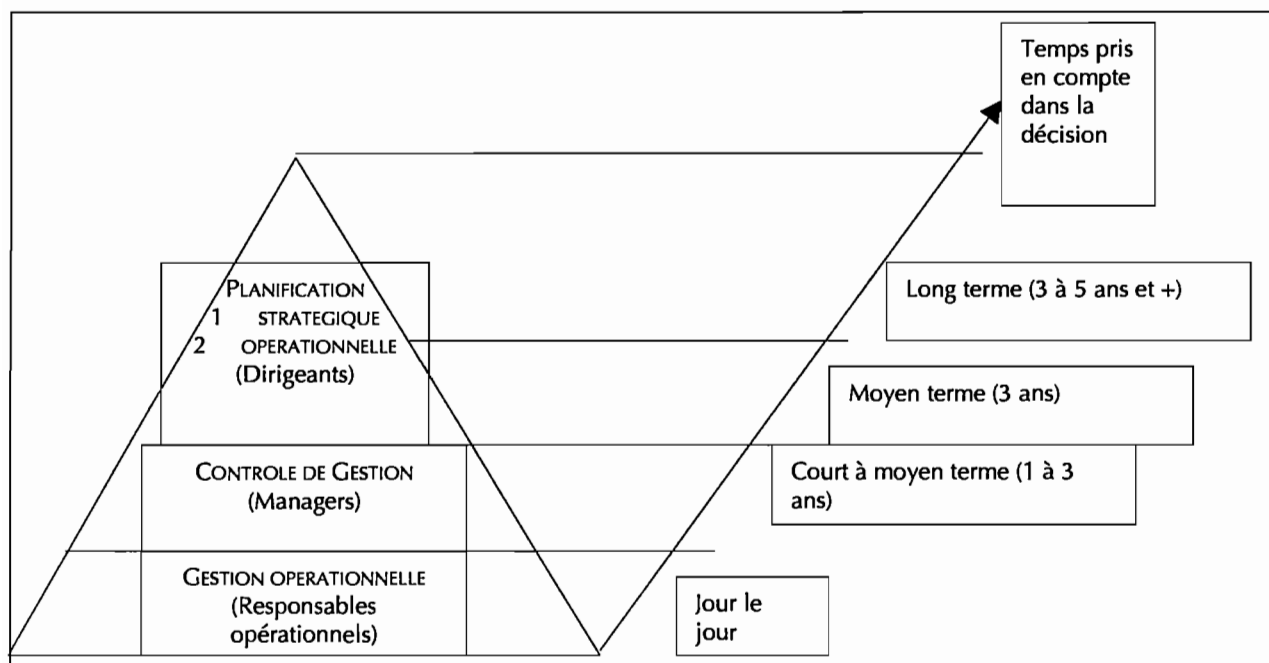


Figure 1. Approche hiérarchique des niveaux de gestion, d'après Anthony 1967.

La planification stratégique définit le processus de décision des dirigeants sur les objectifs de l'entreprise, leur changement éventuel, les ressources utilisées pour atteindre ces objectifs et sur les politiques d'acquisition, d'utilisation et d'organisation des ressources (diversification, acquisition, redimensionnement) (De Jaeger, 1995). Ces engagements de long terme nous intéressent en particulier dans les Asa pour la politique de renouvellement des équipements. Certains auteurs distinguent la planification opérationnelle, qui traduit en programmes d'actions à moyen terme les orientations stratégiques et dont les incidences apparaissent explicitement dans l'exercice annuel de budgétisation (Bescos et al., 1993).

Le contrôle de gestion est défini comme l'ensemble organisé des procédures de pilotage et de communication qui permet : (I) à chaque individu d'une organisation de s'assurer que, dans la poursuite des objectifs qui lui sont assignés, les ressources sont obtenues et utilisées de façon efficace et rentable ; (II) à l'organisation de mobiliser les énergies et d'optimiser l'emploi de ses ressources à court moyen et long terme, suivant les orientations définies dans le plan stratégique (Rey, 1991). Le budget est la procédure clé utilisée par les Asa pour faire connaître à l'ensemble des acteurs internes et aux partenaires extérieurs les orientations retenues à court terme.

La gestion opérationnelle rassemble les procédures de contrôle de l'exécution des tâches spécifiques (i. e dans les Asa : la distribution de l'eau, la maintenance, les relations usagers - organes de gestion de l'association, les relations avec les partenaires extérieurs) afin de s'assurer qu'elles sont accomplies de façon efficace et rentable (De Jaeger, 1995).

Ces procédures nécessitent et produisent de l'information. Il s'agit à partir d'indicateurs spécifiques : (i) de pouvoir déclencher des actions préprogrammées ; (ii) d'aider à des prises de décisions non programmées ; (iii) d'assurer la coordination des tâches au sein de l'organisation ; (iv) d'assurer les relations avec les partenaires extérieurs. Les systèmes d'information mis en œuvre au sein des Asa ont été analysés pour les différents niveaux de décisions. L'enjeu étant d'évaluer les capacités d'adaptation des Asa à un environnement plus incertain et plus contraignant, l'analyse a été restreinte aux systèmes d'information pour le contrôle de gestion et la planification.

Pour identifier la nature d'éventuelles lacunes de ces systèmes on a modélisé les flux d'information, en identifiant à chaque étape de leur manipulation : (i) les acteurs impliqués ; (ii) les moyens matériels ; (iii) les modalités de traitement et les supports utilisés ; (iv) les indicateurs utilisés et produits avec leur fréquence.

Les principes et les objectifs de gestion qui guident les gestionnaires des Asa sont cependant très liés à la nature juridique et à l'objet de ces organisations, qui vont être précisés dans la partie suivante. En effet, ils déterminent en grande partie la présence ou l'absence de système d'information structuré.

Principes et objectifs de gestion des Asa

Les associations syndicales sont des groupements de propriétaires constitués en vue de permettre l'exécution et l'entretien à frais communs de travaux immobiliers² tant d'utilité publique que d'utilité collective. Juridiquement, les Asa sont des établissements publics administratifs non locaux³. Elles sont donc sous tutelle de l'Etat, c'est-à-dire de la préfecture du département et, pour leur fonctionnement administratif et financier, elles sont soumises aux principes de la comptabilité publique. Comme elles remplissent des missions d'intérêt général, elles doivent aussi se plier aux principes fondamentaux de services publics, avec quelques nuances importantes.

Principes de gestion financière et administrative des établissements publics applicables aux Asa

Le fonctionnement des Asa est défini par une réglementation très complète : la loi du 21 juin 1865 et le décret du 18 décembre 1927 pour le cadre statutaire et la M14 pour l'instruction de comptabilité publique (avec possibilité de simplification avec la M1-M5-M7).

Les principes fondamentaux de gestion sont ceux de la comptabilité publique :

- principe du budget annuel comme acte de prévision et acte d'autorisation ;
- principe de la séparation des fonctions entre l'ordonnateur des dépenses et des recettes (le directeur de l'Asa) et le comptable public chargé de l'encaissement et des paiements ; ce principe impose donc la tenue de deux comptabilités, mais apporte la garantie que les fonds publics seront utilisés aux fins prévues ;
- principe du contrôle des actes :
 - contrôle interne à priori, par les dirigeants (le syndicat élu) au moment du vote du budget ;
 - contrôle externe concomitant par les autorités de tutelle (la préfecture) qui doivent approuver le budget et les rôles⁴ afin de les rendre exécutoires, d'une part, et par le comptable public qui vérifie la régularité des dépenses et recettes qui lui sont soumises d'autre part ;
 - contrôle à posteriori, d'abord par les dirigeants (le syndicat élu) qui votent les comptes administratifs, par la chambre régionale des comptes, ensuite.

Par contre, pour le 4^e principe, celui de l'équilibre financier, les Asa ont la possibilité, sans y être obligées, de prendre en compte les coûts invisibles ou différés. L'amortissement de leurs équipements n'est pas obligatoire, mais elles ont l'interdiction de faire fructifier leurs provisions⁵. Elles ont aussi la possibilité de bénéficier de subventions publiques pour les investissements initiaux ou pour le renouvellement d'équipements ou infrastructures.

En plus de ces obligations qui affectent essentiellement les procédures de contrôle de gestion (pas de temps annuel de la procédure budgétaire) et à un degré moindre la gestion opérationnelle (séparation des fonctions d'ordonnateur - comptable), les relations entre les membres d'une Asa et les pouvoirs des organes de gestion sont aussi très réglementées⁶, afin de réduire les risques de non-respect de l'intérêt collectif et des intérêts particuliers des propriétaires associés.

2. Article 1 : loi du 21 juin 1865.

3. Arrêt Tatin : 12 juillet 1995. Il faut en conclure qu'elles n'ont pas de caractère industriel ou commercial et qu'elles sont sous tutelle de l'Etat et non de collectivités locales.

4. Les rôles sont les états détaillés des redevances de l'ensemble des adhérents.

5. L'instruction n° 64-87 M.O du 6 août 1994, reprenant le J.O débats, Sénat, du 3 juin 1964 p. 449 indique que « les associations sont astreintes, aussi bien que les communes à déposer leurs disponibilités au Trésor (...) les capitaux constituant un fonds de réserve, même si celui-ci est destiné à financer des travaux doivent être laissés en dépôt au Trésor ».

6. Articles 21 à 24 de la loi de 1865 et articles 21 à 40 du décret de 1927 (Lefevre, 1989).

Une soumission partielle aux principes de service public

Le fait que le recouvrement des taxes se fasse comme en matière de contribution directe, que les règles budgétaires et comptables soient les mêmes que celles des communes de moins de 3 000 habitants et qu'il soit fait aux représentants de l'Etat une place importante dans la gestion de ces associations permet de les qualifier d'établissement public⁷ ayant des prérogatives publiques analogues aux services publics.

Cependant, ces réseaux collectifs d'irrigation sont un outil de production au service d'une collectivité particulière d'usagers qui, compte tenu du montant de l'investissement n'aurait jamais pu exister sans soutien public. Les aides que les Asa reçoivent pour l'investissement initial et la réhabilitation, l'extension ou le simple renouvellement d'équipement, sont justifiées aussi par des objectifs d'aménagement et de développement du territoire. La question de savoir si les Asa constituent réellement un service public reste ainsi controversée. En effet, elles se plient partiellement aux principes de fonctionnement du service public qui sont la continuité, l'égalité et la mutabilité (Halaunbrenner, 1996).

- Un service public répond au principe de continuité quand il correspond à un intérêt général qui ne peut être satisfait de manière intermittente, rien ne devant empêcher son fonctionnement continu, sauf cas de force majeure ou décision de l'autorité organisatrice d'interrompre le service. Ce principe s'applique aux Asa et certains paramètres de qualité de service par catégorie d'utilisateur peuvent être précisés dans le règlement intérieur (tours d'eau éventuels, exploitation saisonnière voire intermittente du réseau, etc.). Tout adhérent à la possibilité d'attaquer l'Asa en justice s'il estime que cet engagement n'a pas été respecté pour faute de gestion.
- « Le service public doit traiter les usagers sur un pied d'égalité, sans discrimination, dans toute la mesure où ces usagers se trouvent dans des situations comparables au regard du service ». Les gestionnaires d'Asa doivent l'égalité de traitement entre usagers d'une même catégorie et chacun d'entre eux doit bénéficier de façon égale⁸ des prestations de service. Ce principe peut toutefois être mis à mal pour des contraintes techniques ou après morcellement foncier et changement d'affectation de la parcelle (problème de mutabilité, cf. ci-après).
- Le régime des services publics doit pouvoir être adapté chaque fois qu'il le faut, à l'évolution des besoins collectifs et aux exigences de l'intérêt général (principe de mutabilité). Il impose qu'il n'y ait pas d'obstacles juridiques aux mutations à réaliser et que des capacités d'investissements soient dégagées pour répondre à ces besoins. Ce principe s'applique mal aux Asa, pour deux raisons principales : (i) le système est juridiquement contraignant avec ses rigidités d'adhésion et de retrait de l'association⁹ ; (ii) il n'y a pas d'obligation de provision pour renouvellement des équipements, si bien que la capacité de l'Asa à investir pour moderniser le service de l'eau dépend de son aptitude à mobiliser des fonds extérieurs privés (emprunts) mais surtout publics (subventions).

Les Asa doivent se plier à l'essentiel des principes de gestion des services publics, sauf pour ce qui a trait à l'adaptabilité du service, ce qui explique une faible motivation pour des critères d'évaluation qui s'attacheraient à décrire une évolution des performances sur le moyen et long terme.

Traduction des principes fondamentaux en objectifs de gestion

Les obligations de la comptabilité publique comme les principes fondamentaux de continuité et d'égalité du service public déterminent en grande partie les objectifs de gestion des Asa. Cependant, les objectifs liés à la comptabilité publique, à l'administration des différents organes de gestion de l'Asa et au respect des procédures imposées par les tutelles sont largement prédominantes dans ces organisations (Tableau I).

Il apparaît ainsi que les trois principes de gestion des établissements publics ont donné lieu à la formalisation d'indicateurs de performance souvent cités par les directeurs d'Asa ainsi qu'à la structuration de systèmes d'information complexes. Il s'agit, d'une part, de satisfaire les attentes des

7. Arrêt Canal de Gignac : 9 décembre 1899.

8. Généralement proportionnelle aux surfaces équipées ou aux débits souscrits.

9. Toute modification d'un périmètre syndical doit faire l'objet d'un accord de la majorité qualifiée en assemblée générale, entérinée par l'autorité de tutelle, tant pour son extension que pour le retrait d'une parcelle. L'intérêt général qui est pris en compte dans ces décisions est celui des propriétaires de l'association au moment de la demande de modification et non celui de la société. Le préfet a toutefois la possibilité de procéder à une Dup s'il juge que trop d'intérêts particuliers ou collectifs peuvent être remis en cause par une modification de périmètre ou de statut voté par l'assemblée des associés.

tutelles, sous peine de voir bloqué le fonctionnement financier de l'Asa et, d'autre part, de s'assurer de la régularité des décisions afin de réduire les risques d'attaque juridique de la part de tiers ou d'associés peu enclins à s'acquitter de leurs redevances.

Cette précaution juridique conforte aussi le principe d'équité qu'il est naturel de voir traité avec beaucoup d'attention dans un contexte d'autogestion. Lorsque la ressource en eau est limitante ou quand les capacités du réseau collectif sont insuffisantes par rapport aux demandes, les Asa mettent en place des systèmes d'information et de contrôle qui peuvent être assez complexes (allocation de quotas en temps, volume ou débit discuté par les dirigeants élus (le syndicat), parfois mis en œuvre et suivi à l'aide de bases de données informatiques).

Les dirigeants des Asa recourent à un faible nombre d'indicateurs de performance formalisés. Cela ne doit pas faire croire à un désintérêt pour les principes de gestion considérés comme majeurs. L'autogestion et la taille réduite de ces structures font que les rapports personnels directs et les discussions informelles prédominent. Le directeur et, si besoin, l'ensemble des élus se mobilisent rapidement pour résoudre un incident, surtout s'il met en jeu la continuité du service ou les capacités d'arrosage d'un agriculteur. Par contre, cette absence de formalisation et d'archivage systématique d'indicateurs de performance rend difficile toute analyse sur la dynamique du système. La même observation peut être faite vis-à-vis du principe de mutabilité, ainsi que l'objectif de maintien de qualité de service sur le long terme, qui sont les parents pauvres des procédures de contrôle et des systèmes d'information.

Les contrastes dans les systèmes d'information existants apparaissent à travers la présentation de l'élaboration du budget (principe d'équilibre de gestion) et de la maintenance des réseaux (principe de mutabilité et objectif de maintien de la qualité de service).

Complexité des Systèmes d'information (Si) dédiés au contrôle de gestion réglementaire, absence de Si pour la planification à moyen terme

Les acteurs en présence et leurs rôles statutaires

Les propriétaires et l'assemblée générale

Les propriétaires fonciers ont un rôle central lors de la phase de création pour le choix des infrastructures, l'élection des membres du conseil syndical (organe de gestion principal) et la définition des statuts de l'association. Au-delà de cette phase, ils ont un devoir, celui de s'acquitter des redevances jusqu'à dissolution éventuelle de l'association, quel que soit l'usage fait des parcelles inscrites dans le périmètre. Leur implication dans la gestion est ensuite limitée à leur capacité d'expression lors des assemblées générales. Il s'agit alors de voter pour renouveler le conseil syndical, fixer le montant maximum des emprunts à contracter ou éventuellement pour réformer les statuts.

L'assemblée est surtout le lieu où le conseil syndical rend compte de sa gestion de l'année passée (présentation des comptes administratifs et des travaux) et de ses projets (budget primitif et programmes des travaux).

Le conseil syndical et le directeur

Le conseil syndical (ou syndicat) est l'organe de décision principal de l'association. Il règle, par délibération, les affaires de l'association et choisit notamment les principes de tarification.

Le syndicat nomme parmi ses membres un directeur, véritable cheville ouvrière de l'association, qui prépare et met en œuvre l'essentiel des décisions entérinées ensuite par le syndicat (Kulesza, 1995 ; Platon *et al.*, 1998). Le directeur a pour mandats principaux :

- de préparer un projet budget, de le soumettre au préfet et l'exposer en mairie pour observation avant de le faire voter par le syndicat, puis de transmettre la version définitive au préfet ;
- de préparer les comptes administratifs qui seront contrôlés par le receveur puis le syndicat ;

Tableau I. Les principes de gestion applicables aux Asa et leur déclinaison en objectifs de gestion et facteurs de réussite.

Principe	Objectifs de gestion	Facteur clé	Principaux Indicateurs de Contrôle de Gestion (Ic) et systèmes d'information (SI) utilisés
Annualité budget	Respect de la procédure M14	Maîtrise de la nomenclature de la comptabilité publique	Ic : Budget approuvé, rôles rendus exécutoires par préfet SI : <i>Suivi de l'approbation du budget (procédures)</i>
Séparation des fonctions	Respect de l'enchaînement des procédures comptables imposées par le percepteur. Obtention des informations sur la trésorerie (dépenses et recettes)	a. Facilitation du travail du percepteur par le respect des procédures. b. Assurance de la qualité des relations avec le percepteur	a. Ic : Nombre de pièces refusées (mandats, recouvrements) SI : <i>Informatisation pièces administratives</i> b. Ic. Appréciation qualitative SI : <i>Double comptabilité et informatisation des échanges</i>
Contrôle des actes	Respect des procédures administratives, des droits et devoirs des propriétaires et des organes de gestion (articles 20 à 24 de la loi de 1965 et 21 à 40 du décret de 1927)	a. Maîtrise des relations internes et externes (format des pièces administratives et respect des calendriers) b. Régularité des votes aux assemblées c. Tenue du registre des délibérations du syndic	a. Ic : Nombre de pièces refusées (mandats, recouvrements) SI : <i>Informatisation des pièces administratives</i> b. Ic. Nombre litiges, SI : <i>Mise à jour fichier des propriétés</i> c. Ic Nombre de litige, SI : <i>Mise à jour manuelle du registre</i>
Equilibre du budget (partiel)	Equilibre de gestion (partiel, hors amortissement)	a. Maîtrise des coûts fixes et variables b. Choix d'une tarification minimisant les risques de non-recouvrement c. Suivi des recouvrements	a. Ic : équilibre budget SI : <i>Comptes et budget année n-1</i> b. Ic : non formalisé, discussion des Syndics SI : <i>néant</i> c. Ic : Taux d'impayés SI : <i>Double compta (informatisée)</i>
Continuité	Permanence du service Maintien de la qualité de service sur le long terme	1. a. Sécurité et fiabilité du service b. Rapidité d'intervention en cas de défaillance 2. Organisation de la maintenance préventive et corrective	1. a. Ic. non formalisé, discussion en Assemblée. SI <i>néant</i> b. Ic. Sous traitante (contrat maintenance) SI <i>Appel Tel.</i> 2. Ic : non formalisé ou sous traité (contrat de maintenance) SI <i>néant (dossier récolement incomplet)</i>
Egalité	Egalité face au service	a. Partage équitable de la ressource en eau b. Adaptation de la tarification à chaque usage	a. Ic non formalisé, discussion en Assemblée SI : <i>Gestion des quotas temps, débit ou volume (informatisée)</i> b. Ic non formalisé (discussion en assemblée) SI : <i>Néant</i>
Mutabilité (non obligatoire)	Adaptation / modernisation du service selon l'évolution des pratiques d'irrigation et des usages nouveaux. Adaptation à un environnement plus incertain (demande en eau, valorisation de l'eau).	1. a. Suivi de la qualité de service et des demandes b. Capacités d'autofinancement. 2. a. Réduction des coûts de l'eau ; b. Suivi de la valorisation de l'eau et adaptation de la tarification à la valorisation par usage c. Provision pour risques et charges	1. a. Ic non formalisé et rarement discuté SI : <i>Néant</i> b Ic. hors domaine d'intérêt SI : <i>Néant</i> 2. a. Ic non formalisé (pas de compta analytique) SI : <i>Néant</i> b. Ic non formalisé, discuté par syndic et assemblées SI : <i>néant</i> c. Ic = Ratio (Provision / Budget annuel) SI : <i>Comptes administratifs</i>

- de mettre en œuvre, au quotidien, les décisions du syndicat (passation des marchés, nomination éventuelle des employés etc.) et d'ordonner les dépenses et recettes exécutées par le receveur ;
- d'assurer une surveillance générale sur les intérêts de l'association et de veiller à l'archivage des documents de l'Asa. En particulier, la mise à jour du cadastre, tant pour le calcul et le recouvrement des redevances que pour le décompte des droits de vote pour les assemblées génère un flux d'informations important, dont la responsabilité incombe au directeur. C'est aussi le directeur que les adhérents appellent pour se plaindre d'une interruption de service, d'un incident sur le réseau et pour régler tout différend lié à l'eau.

Le directeur peut être assisté par des membres indemnisés de l'association ou par des employés non-adhérents de l'association pour l'exploitation, la maintenance ou la comptabilité et le secrétariat de l'association, en raison de leurs compétences particulières, techniques ou comptables (souvent, un(e) secrétaire de mairie). Dans les grandes Asa, un directeur technique peut être recruté et salarié pour l'essentiel des tâches techniques et préparer les documents administratifs pour le compte du directeur élu.

Le receveur

Les fonctions de receveur de l'association sont généralement confiées par le préfet à un des percepteurs des communes desservies par l'Asa. Ils sont alors tenus de préparer les rôles, mais ils demandent de plus en plus souvent au directeur de les préparer sous la forme d'un fichier informatique à leur transmettre, détaillant les superficies souscrites, la base de tarification et le montant des redevances par propriétaire.

Ils ont ensuite surtout une fonction d'exécution budgétaire : émission des avis de recouvrement et encaissement des taxes, paiement des fournisseurs après contrôle de légalité. Ils ont l'entière responsabilité du recouvrement des taxes, qui se fait comme en matière de contributions directes. Ils rendent compte de l'état de la trésorerie de l'Asa et des impayés avec une rigueur très inégale, sachant que la comptabilité des Asa est rarement un de leurs sujets de préoccupations majeurs.

Ils réalisent enfin le contrôle de régularité des comptes administratifs présentés par le directeur.

Le préfet, la direction départementale de l'agriculture et de la forêt

Conjointement, les Ddaf et les préfets s'assurent de la conformité des procédures administratives et de la viabilité technique de l'Asa :

- le préfet doit approuver le budget, rendre les rôles exécutoires et prendre toutes les mesures nécessaires à la survie de l'association en cas de carence du syndic ;
- il dispose du pouvoir d'inscrire d'office des dépenses non inscrites au budget afin d'assurer l'entretien des réseaux – procédure que nous n'avons jamais recensée dans nos enquêtes. Il doit approuver les grosses réparations et les travaux neufs, qui ont le caractère de travaux publics.

Généralement, les Ddaf réalisent la maîtrise d'œuvre et ont un rôle de conseil technique auprès des syndicats.

Les partenaires et prestataires de service extérieurs

La loi autorise la création d'union d'Asa, lorsque « l'exécution et l'entretien des travaux prévus dans leurs statuts présentent un intérêt commun à plusieurs Asa », avec la possibilité pour cette dernière d'assurer pleinement « la gestion de l'entreprise ». Les Sociétés d'aménagement régionales (Sar) comme parfois des Compagnies d'eau potable, prennent des Asa en affermage, souvent à l'issue de difficultés techniques ou financières survenues en gestion directe.

Le plus souvent les fédérations et unions d'Asa, comme les Sar, agissent soit sur la réalisation des travaux en tant que maître d'œuvre, maître d'ouvrage délégué ou temporaire, soit comme des prestataires de services sous contrat pour la gestion administrative et financière ou l'entretien des réseaux.

L'élaboration du budget :

un exemple de système d'information réglementairement structuré

La gestion budgétaire des Asa comprend : (i) un budget primitif, (ii) un ou plusieurs budgets supplémentaires et (iii) les comptes administratifs de clôture. La figure 2 et le tableau associé illustrent la complexité du circuit d'information pour la préparation du budget primitif, qui a été analysé en détaillant

les tâches élémentaires, les méthodes de traitement et de transmission de ces données (Tekouk, 2000) :

- les différents acteurs manipulant l'information sont représentés par des bulles (en grisé pour les acteurs essentiels à cette fonction) ;
- les flux d'informations sont représentés par des flèches couplées à des numéros pour chaque tâche élémentaire ;
- chaque tâche est décrite dans le tableau joint à la figure, par la nature, le support des informations en entrée, les modalités et la fréquence du traitement, la nature et le support des informations en sortie ;
- les éléments d'archives utilisés pour accomplir ces tâches sont représentés dans des rectangles.

La complexité de ce schéma général, imposé par les procédures de contrôle et de validation peut être accentuée par le mode de tarification de l'Asa et les difficultés de suivi des mutations foncières.

Dans les réseaux gravitaires, la complexité est aggravée par le morcellement foncier et la mise à jour du fichier des propriétés. Dans les réseaux sous pression, la complexité vient d'une préférence pour une tarification binôme, qui impose une comptabilisation des volumes consommés par point de livraison. (Platon *et al.*, 1998 ; Gleyses, 1998). Parfois, la tarification est compliquée encore par la prise en compte des catégories d'utilisateurs de l'eau : jardins, maraîchers, serristes, industriels etc. ou par la nature des cultures qui demandent une qualité de service spécifique. Le Système d'Information doit alors intégrer le contrôle sur le terrain de ces informations.

Trois cas de figure se présentent.

- Dans les Asa de taille réduite à moyenne, la gestion budgétaire et comptable est faite par les secrétaires de ces associations. Il s'agit souvent des secrétaires de mairie au fait des arcanes de la comptabilité publique, sous la supervision du Directeur.
- Dans certains départements, la complexité de la comptabilité publique et la masse d'information à traiter poussent les syndicats des Asa de taille moyenne à grande à faire appel à des prestataires de service qui réalisent le gros du travail et assurent une mise en forme plus professionnelle (Union d'Asa, Sar, sociétés de services privées).
- Quelques grandes Asa gérant des réseaux sous pression et les plus grandes Asa en gravitaire choisissent une gestion budgétaire autonome en faisant largement appel aux systèmes informatisés, particulièrement pour la mise à jour annuelle des fichiers de propriétaires nécessaire à l'élaboration des rôles.

Le respect des procédures administratives complexes est un souci qui l'emporte largement sur une analyse financière du budget par les Syndicats. En effet, ces derniers souhaitent avant tout se prémunir d'une erreur de procédure qui ouvrirait la voie à de nombreux recours de la part de leurs opposants. Il s'agit en particulier de la fraction des propriétaires qui voudraient se désengager de l'association, mais qui ne le peuvent pas du fait de l'attachement de leur parcelle au périmètre, ainsi que les agriculteurs connaissant des difficultés financières.

La loi laisse aux Asa une grande liberté de manœuvre pour équilibrer leur budget. Pourtant, malgré les profonds changements du contexte socio-économique, leur politique tarifaire est rarement réévaluée.

Des Asa ont développé, sans que cela soit systématique, un tarif spécifique pour les terres mises en jachère du fait de la Pac. D'autres proposent des tarifs spécifiques pour des usages nouveaux (jardins, espaces verts publics, etc.).

Dans d'autres cas, avec l'aide des unions d'Asa ou des Sar, les tarifs Edf ont été renégociés en commun afin de faire profiter les Asa des solutions les plus avantageuses (Rainibe, 1996 ; Kulesza *et al.*, 1997).

Mais le plus souvent, il n'y a que des ajustements annuels mineurs de la tarification pour tenir compte de deux paramètres : l'inflation et la variabilité de la demande en eau liée au climat. Le fonds de roulement sert ainsi à atténuer l'impact des fluctuations inter annuelles de la demande en eau, le prix étant ajusté l'année suivante pour reconstituer ce fonds.

Les changements plus structurels du contexte socio-économiques sont, par contre, peu intégrés dans une réflexion stratégique sur les évolutions souhaitables de la tarification sur le moyen et le long terme (déprise agricole, évolution de la rentabilité de l'irrigation, évolution des équipements et des pratiques d'irrigation, obligations croissantes du partage de la ressource avec d'autres usagers, etc.). Nous n'avons rencontré aucun gestionnaire d'Asa, quel que soit le système de distribution, qui cherche à acquérir des informations précises sur les usages de l'eau et leur valorisation économique sur son périmètre.

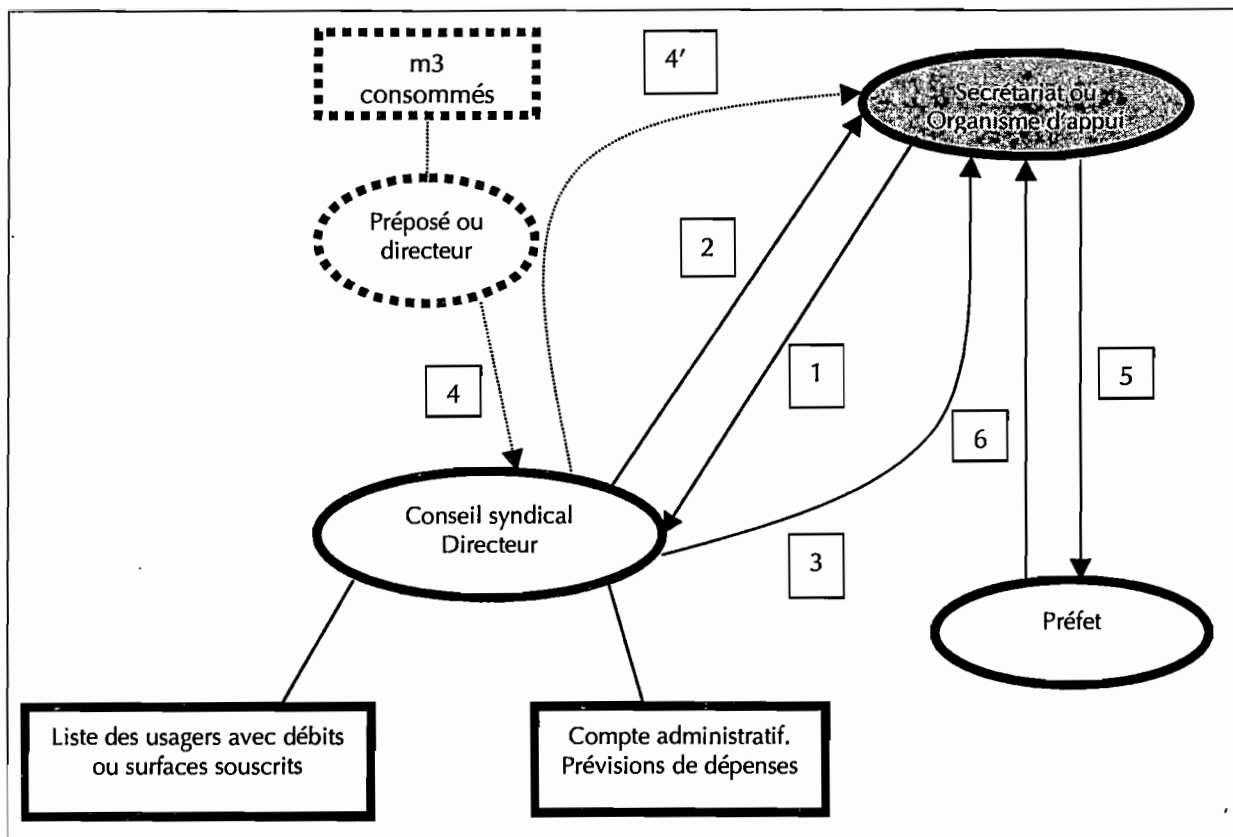


Figure 2. Principales étapes de la préparation du budget et du calcul des redevances (Tekouk, 2000).

Etape	Tâches	Informations en entrée	Support	Modalité de traitement	Information en sortie	Support	Fréquence
1	Elaboration du budget	Compte administratif de l'année écoulée. Prévisions de dépenses	Papier imprimante	Simulations et calculs manuels	Budget prévisionnel Prix à l'ha Prix au l/s. Prix du m ³	Papier manuscrit	1 fois / an
2	Saisie du budget et des tarifs unitaires	Budget prévisionnel Tarification.	Papier manuscrit	Saisie informatique	Budget sur ordinateur	Ordinateur	1 fois / an
3	Préparation de la redevance Partie fixe	Surface souscrite ou Débit souscrit par usager (<i>après mise à jour annuelle des transactions foncières</i>)	Papier manuscrit	Transmission des informations Saisie et calcul informatique	Rôles et avis de recouvrement	Ordinateur	1 fois / an
4, 4'	Préparation de la redevance (partie variable si besoin)	Volumes d'eau consommés par point de livraison (<i>après mise à jour des transactions foncières</i>)	Papier manuscrit	Transmission des informations Saisie et calcul informatique	Rôles et avis de recouvrement	Ordinateur	1 fois / an
5	Procédures administratives	Budget, rôles et délibérations du conseil syndical	Papier imprimante	Transmission par courrier pour examen	Budget, rôles, délibérations du conseil syndical	Papier imprimante	1 fois / an
6	Approbation préfecture (mise en exécution des rôles).	Rôle, budget et délibérations du conseil syndical approuvés	Papier imprimante	Visa puis Transmission par courrier	Rôle, budget, délibérations du syndicat approuvés pour exécution	Papier imprimante	1 fois / an

Les indicateurs sur les usages de l'eau se limitent à la consommation par point de livraison, quand ceux-ci sont équipés de compteurs. La superficie irriguée, la nature des cultures et le matériel d'arrosage utilisé sont considérés comme des informations privées. Si on peut supposer que la tarification traduit un consensus sur le consentement à payer des agriculteurs composant le syndicat, il n'y a pas d'autres éléments pour animer une réflexion collective sur le prix de l'eau que les connaissances personnelles de chaque syndic. Il n'y a pas de systèmes d'information mobilisable à l'échelle de l'Asa pour retracer des évolutions d'assolement, de pratiques d'irrigation, de valorisation de l'eau. Il n'y a donc aucun support commun pour évaluer la pertinence de la structure tarifaire en place vis-à-vis de changements du contexte socio-économique.

La maintenance : un exemple de système d'information très peu formalisé

En général, le chiffre d'affaires des Asa ne leur permet pas d'employer une équipe de maintenance couvrant l'ensemble des corps de métiers importants (électricité, génie civil, mécanique, hydro-mécanique, etc.)¹⁰.

Généralement, les Asa se contentent d'une organisation de la maintenance en « routines ». Elle est issue de l'expérience sur les réseaux gravitaires. Elle a pu faire l'objet d'une formation minimale donnée au directeur centrée sur les contrôles réglementaires et la maintenance courante non spécialisée, lors de la mise en service du réseau sous pression.

La maintenance non spécialisée est le plus souvent assurée par le directeur d'Asa ou plus rarement par un autre membre de l'association, au même titre que les tâches d'exploitation. Pour la maintenance spécialisée, il existe deux options.

- Le contrat est surtout une garantie d'intervention d'urgence (moins de 48 heures) pour la continuité du service. Il intègre également soit des prestations de maintenance préventive systématique (mise hors-gel, démarrage de la station, curage, faucardage...) associées parfois à une maintenance préventive conditionnelle. Certaines Sar se sont spécialisées dans le contrat de maintenance (Lesbats, 1993). Des Unions d'Asa développent un service analogue. Mais le partenaire le plus fréquent est l'installateur des équipements qui assure une continuité avec la garantie « constructeur ».
- La prestation de service au coup par coup caractérise nombre d'Asa petites à moyennes gérant des réseaux sous pression dans des secteurs dépourvus de structures départementales d'appui. Il s'agit d'assurer essentiellement les contrôles réglementaires¹¹ et la maintenance corrective d'urgence, mais plus rarement la préventive spécialisée. Même s'il n'y a pas de contrat formel, cette prestation est souvent réalisée par l'installateur qui a un engagement « moral » et commercial pour une intervention rapide en cas de rupture de service en pleine période d'arrosage.

Dans la plupart des Asa visitées, les informations de base nécessaires à une maintenance de qualité font défaut au siège de l'association, même pour celles qui ont recours au contrat :

- la présence des plans conformes à l'exécution est l'exception, il n'y a pas d'inventaire précis, au mieux on retrouve les avant-projets détaillés du réseau ;
- les schémas de fonctionnement, les notices techniques détaillées des appareillages n'ont pas été conservés ;
- les consignes d'exploitation, les procédures de dépannages, les instructions de maintenance détaillant les opérations préventives courantes et spécialisées ont souvent disparu.

Parfois les doubles de ces éléments de base ont été conservés à la Ddaf ou chez le partenaire qui a assuré temporairement la maîtrise d'ouvrage déléguée pour le compte de l'Asa (Union d'Asa, Sar).

Le livret de bord consignant les événements marquants (opérations de maintenance, durée d'utilisation, consommations etc.) manque fréquemment ou sa tenue est très irrégulière, ce qui réduit son utilité pour les entreprises de maintenance spécialisée.

10. Il n'y a que sur les quelques grands périmètres de plusieurs milliers d'hectares créés au siècle dernier – voire même avant – que du personnel est employé spécifiquement à des tâches de maintenance, dont les compétences vont jusqu'à la maintenance spécialisée (PLATON et al. 1998).

11. Les réseaux d'irrigation sous pression doivent se plier aux réglementations générales en vigueur visant à assurer la sécurité de tout équipement industriel comportant soit des installations électriques, des matériels de levage ou des ballons d'air sous pression et qui imposent des contrôles périodiques par des organismes agréés.

Ces constats valent aussi bien pour les réseaux gravitaires anciens, pour lesquels on conçoit que ces éléments n'aient jamais existé ou qu'ils aient disparu, que pour les systèmes sous pression récents. Jusqu'à un passé récent, ils valaient aussi pour les Asa ayant souscrit des contrats de maintenance (Sar, entreprises spécialisées) ou conseillées par des unions (Kulesza, 1995 ; Rainibe, 1996 ; Bouazza, 1997).

Pour les réseaux sous pression récents et dotés d'une technologie complexe, le défaut d'information est tel qu'une stratégie de maintenance basée sur la fiabilité (Mbf), courante dans le domaine industriel (Moubray, 1992), est ici impossible à promouvoir. L'analyse des historiques de défaillances sur les plans technique (analyse de la fiabilité et des taux de défaillances) et financier (comparaison des coûts de maintenance préventive ou corrective par rapport à des normes) ne peut être menée que dans de rares cas.

Dans les réseaux gravitaires en France, l'absence de systèmes d'information structurés est rarement préjudiciable à la pérennité des équipements, sauf pour ceux qui présentent une forte concentration d'ouvrages d'art anciens. Dans ce cas, leur auscultation est une affaire de spécialistes à suivre et organiser d'année en année, afin d'établir un programme des priorités d'intervention tenant compte à la fois des risques de défaillance et des contraintes budgétaires. Mais, l'enjeu principal dans les réseaux gravitaires porte d'avantage sur le choix entre des travaux correctifs lourds, sans changement de mode de distribution et une modernisation du réseau et du système d'irrigation (respect du principe de mutabilité des services publics). Les informations nécessaires pour étayer ce choix se rapportent autant à la valorisation actuelle ou potentielle de l'eau que sur l'état des ouvrages et la maintenance passée.

Les Asa ne disposent d'aucun support formalisé de suivi évaluation de la qualité de service. Les protestations et les votes lors des assemblées générales, les coups de téléphone au directeur sont jugés suffisants pour évaluer le degré de satisfaction des usagers.

Origines du peu d'intérêt manifesté par les gestionnaires d'Asa sous pression pour la maintenance

La faiblesse du système d'information dédié à la maintenance s'explique par le peu de cas porté à l'entretien par la plupart des gestionnaires – agriculteurs. Si des Asa choisissent de confier par contrat la maintenance de leur réseau à une entreprise spécialisée, c'est d'abord pour l'assurance d'intervention immédiate et pour leur compétence, afin de garantir la continuité du service de l'eau en période estivale, beaucoup plus que par souci de la durabilité des équipements collectifs ou par un choix économiquement argumenté. La maintenance et la durabilité des équipements collectifs ne sont pas au centre des préoccupations des agriculteurs - gestionnaires pour de multiples raisons.

- Il est difficile d'évaluer les effets d'une politique de maintenance sur le plan technique. Les constituants d'un réseau d'irrigation ont une durée de vie longue, comprise entre 10 ans (petits appareillages électroniques) et plus de 75 ans (génie civil) en conditions d'utilisation et d'entretien « normales ». Les défauts de maintenance qui occasionnent des défaillances immédiatement perceptibles sur la qualité de service sont rares et ils sont au cœur de la maintenance systématique minimale faite en routine par l'ensemble des gestionnaires d'Asa¹². Il y a très peu de référence sur les relations entre le programme de maintenance adopté d'une part et la longévité et le taux de défaillance des équipements d'irrigation d'autre part. Dans la littérature, des experts estiment que des durées de vie peuvent être divisées par 2 en l'absence d'entretien (Plantey *et al.*, 1998), mais comment évaluer l'effet d'un programme incomplet ou d'un échancier plus long ?
- Le suréquipement de nombreuses Asa réduit encore les impacts d'une défaillance d'un élément du réseau sur la qualité de service. Cela leur confère la possibilité soit de contourner les effets d'une défaillance localisée (grâce au déclenchement automatique d'un groupe motopompe de secours en cas de panne d'un des groupes principaux par exemple), soit d'en gommer l'impact (disposant d'une marge de débit non utilisé du fait d'une mauvaise anticipation initiale de la demande en eau par exemple). Ce suréquipement initial, souvent suggéré par le maître d'œuvre dans un souci de sécurité du service a été d'autant plus facilement accepté par les propriétaires que les investissements initiaux ont été largement subventionnés (60 à 80 %), réduisant ainsi dans les mêmes proportions le coût de cette assurance pour les usagers.

12. Exemple curage et faucardage annuels des réseaux gravitaires ; vérification quotidienne de l'écoulement goutte à goutte de l'eau par des presse-étoupe et du niveau d'huile dans les butées, par exemple sur les groupes des stations de pompage.

- La maintenance fait l'objet de peu de programmes de formation et d'information à destination des gestionnaires d'Asa, mais aussi des services techniques sensés apporter un appui aux Asa (Ddaf, techniciens agricoles). Les ouvrages de référence en France sont rares¹³. Très peu de gestionnaires d'Asa disposent d'un manuel qui détaille le programme de maintenance « idéal » des principaux constituants d'un réseau. Peu de techniciens des services d'appui et de responsables d'Asa ont en tête les normes de coûts d'entretien nécessaires au maintien durable d'un réseau hydraulique, qui varient entre 0,3 % l'an (canalisation fixes) à 5 % l'an (petit appareillage) selon la nature du bien, avec une répartition « optimale » des charges de maintenance : 1/5 à 1/3 en préventif – 2/3 à 4/5 en correctif (d'après Verdier et al., 1992 ; Plantey et al., 1998).
- L'explication centrale d'ordre psychologique et économique réside dans la très forte préférence pour le présent des gestionnaires d'Asa qui sont aussi agriculteurs, c'est-à-dire qu'ils privilégient la valorisation économique immédiate de leur outil de production. Ce n'est pas la distribution d'eau qui est l'activité productive à considérer puisque les Asa ne font pas de profit sur ce service, mais la production agricole obtenue grâce à l'irrigation. Or, compte tenu des nombreux facteurs de risques et d'incertitudes agricoles (variations climatiques, évolution de la politique agricole et des techniques, rentabilité future des cultures, existence ou non de repreneurs de l'exploitation à terme...) les gestionnaires - agriculteurs ont une tendance naturelle à privilégier le court terme. Plus cette préférence pour le présent est prononcée, moins les coûts et bénéfices futurs ont de valeur pour les gestionnaires - agriculteurs¹⁴. Or, réduire la maintenance préventive diminue les charges actuelles, donc le prix de l'eau, avec un impact immédiat sur les marges des cultures irriguées, même si cela accroît les risques de fortes dépenses de maintenance corrective futures. A partir d'un certain niveau de préférence pour le présent, le gain immédiat paraît supérieur à la « valeur actualisée » du surcoût occasionné à l'avenir, d'autant que ce dernier est très difficile à préciser en raison de la méconnaissance des relations entre maintenance et taux de défaillance (Loubier, 2001).
- D'un point de vue sociologique, le maintien du caractère patrimonial du réseau dans l'esprit des gestionnaires ne va pas de soi. Dans les réseaux sous pression, le danger vient de la disparition progressive des membres fondateurs de l'association, qui ont porté le projet et assumé la gestion de l'Asa avec une ambition d'évolution importante et durable de leurs systèmes de production. Souvent, leurs successeurs n'ont pas connu cette phase de construction collective ni « l'avant irrigation ». Confrontés à un contexte économique de plus en plus incertain, ils perçoivent d'abord le réseau comme un fournisseur d'eau, un bien de production à rentabiliser au plus vite. Dans les réseaux gravitaires, le transfert de propriété foncière vers un public non agricole et ne résidant pas sur place dilue aussi cette perception du caractère patrimonial du réseau et les gestionnaires doivent être très persuasifs pour faire accepter des travaux confortatifs à ces adhérents.
- La dernière contrainte est d'ordre politique. Par le passé, les investissements sur ces réseaux ont été financés (réseaux sous pression) ou réhabilités et modernisés (gravitaire) en grande partie sur fonds publics. Certaines extensions ou modernisations de réseaux sous pression, subventionnées également, ont caché des réhabilitations précoces dont on ne peut affirmer qu'elles sont imputables à un défaut de conception ou de maintenance. Bien que les gestionnaires aient conscience du souhait de désengagement de l'Etat, ils ont également confiance en l'inertie des politiques publiques et en la puissance de leur *lobby* pour mobiliser de nouveaux soutiens financiers si nécessaire.

Le principe de mutabilité ne peut donc trouver sa place dans les objectifs de gestion des Asa aujourd'hui. A ces freins au choix d'une maintenance rigoureuse, il faut ajouter l'absence de provision pour le renouvellement des équipements, qui s'explique aussi par la contrainte de nature juridique qui empêche les Asa de faire fructifier une telle réserve financière. Or, nous raisonnons sur des durées de vie très longues. Même en supposant le maintien d'un taux d'inflation annuel faible, l'érosion monétaire que subirait une provision pour renouvellement resterait forte (de l'ordre de 50 % en 20 ans avec une inflation à 2 % l'an).

13. En France, il y avait très peu d'éléments sur la maintenance dans les ouvrages sur l'irrigation. avant le traité d'irrigation coordonné en 1998 par J.R Tiercelin, dans lequel des recommandations pour une gestion performante de la maintenance sont décrites par Plantey J et Blanc J. (p. 819-845). L'ouvrage de Verdier et Millo (1992) en posait les principes, mais il était plus spécialement dédié aux périmètres des pays en développement.

14. Ce principe a été formalisé en théorie économique en appliquant aux dépenses et recettes futures un taux d'actualisation qui permet de comparer leurs valeurs telles qu'elles sont perçues par les acteurs à celles d'aujourd'hui.

L'obligation d'entretien a été mentionnée dans deux articles de loi, mais pas le renouvellement. Cette lacune de la réglementation s'explique sans doute par l'ancienneté des lois sur les Asa. Quand elles ont été promulguées, il n'y avait que des systèmes de distribution à surface libre, dont les composantes ont des durées de vie au moins égales à 75 ans comme l'attestent les réseaux vieux de plusieurs siècles encore opérationnels. En outre, sur les réseaux sous pression, construits pour la plupart dans les années 70 et 80, les composantes majeures ont des durées de vie comprises entre 40 et 75 ans. Il y a donc encore peu de demandes de financement public pour le renouvellement des équipements. Quand il y en a eu dans les Asa enquêtées, le soutien financier public a été justifié par l'obsolescence des équipements et par un projet d'extension qui a pu masquer le manque de provision pour renouvellement. Il y a donc eu peu d'incitations à modifier la réglementation sur la gestion des provisions dans les Asa.

Discussion

Sur les Asa enquêtées, les performances de gestion au regard des indicateurs retenus par les gestionnaires sont satisfaisantes. Aucune ne présentait de compte déficitaire et les rares interruptions de service de plus de 3 jours ont été imputées à des cas de force majeure ou à des défaillances imprévisibles. Certaines difficultés illustrent cependant les conséquences d'une capacité d'adaptation et d'anticipation limitée face aux changements socio-économiques :

- les Asa ont fait appel aux collectivités territoriales pour prendre en charge des intérêts d'emprunts jugés trop élevés à la fin des années 80 ;
- les impayés s'accumulent parfois suite à des faillites de grandes exploitations agricoles et à des refus de payer par manque d'adaptation du service et de la tarification à un changement d'usage de la terre et des pratiques d'arrosage ;
- faute de capacités suffisantes d'autofinancement et de provision pour renouvellement, la modernisation et la réhabilitation des réseaux restent tributaires d'un soutien public à hauteur de 60 à 80 %, semblable à celui accordé pour l'investissement initial ;
- la participation aux assemblées générales est faible et le renouvellement des conseils syndicaux devient problématique.

Or, depuis une dizaine d'années, le contexte politique et socio-économique est en forte évolution. Des contraintes se précisent et s'amplifient tant pour la Politique agricole commune (Pac) que pour le soutien à l'hydraulique agricole :

- la nouvelle Pac rend plus incertaine la rentabilité des cultures irriguées à terme ;
- les autres usages de l'eau (usages domestiques, touristiques, environnementaux) s'appuient sur de nouvelles lois pour revendiquer plus fermement le partage de la ressource en eau, notamment en période d'étiage ;
- la déprise agricole et une forte urbanisation dans certains secteurs accroissent le désir d'une partie des propriétaires à « désengager » leurs parcelles des associations ;
- les crédits publics pour l'extension, la modernisation et la réhabilitation des réseaux d'irrigation sont en réduction et il est probable que l'époque des 60 à 80 % de subvention à l'investissement soit révolue ;
- les effectifs dans les services d'hydraulique agricole des Ddaf sont en forte baisse ;
- les percepteurs se désintéressent de la gestion des Asa qui leur est imposée et ils ont des exigences de plus en plus draconiennes pour réduire le temps qu'ils leur consacrent.

Mais il y a aussi des opportunités à saisir pour attiser l'intérêt des collectivités locales :

- les réseaux anciens présentent un potentiel de valorisation touristique ou culturelle des infrastructures peu exploité (chemins de randonnée, etc.) qui pourrait justifier une participation des collectivités à l'entretien des canaux ;
- si les effets néfastes de l'irrigation sont largement décrits dans la presse, il y a aussi l'émergence d'une reconnaissance d'aménités positives de l'irrigation : entretien des paysages et contribution à l'alimentation des nappes pour les réseaux anciens, soulagement des réseaux d'eau potable par la fourniture d'eau brute pour des usages domestiques (jardins, espaces verts, lutte incendie, etc.), maintien d'un territoire aménagé et occupé ;
- il existe des demandes non satisfaites d'usagers solvables pour de l'eau brute (rurbains, industries etc.).

On peut faire le pari que ces transformations vont induire un élargissement des objectifs de gestion des Asa :

- le principe de mutabilité va s'imposer, associé à une tendance à faire supporter à l'utilisateur une plus

grande partie du coût complet de l'eau (Cce, 2000), c'est-à-dire prendre en charge une plus grande part de l'investissement, comme le fait déjà le consommateur d'eau potable ;

- la demande de transparence dans la gestion de l'eau va s'amplifier, que ce soit vis-à-vis des autres acteurs de l'eau sur le territoire ou au sein des adhérents ; les Asa devront justifier les usages qu'elles font de l'eau, au sein des autres structures de gestion décentralisée de la ressource (Sage, contrat de rivière etc.) ; les adhérents veulent mieux comprendre les éléments de leur facture d'eau et connaître les tendances probables à moyen terme.

Il va en découler chez les gestionnaires, une recherche plus systématique :

- de minimisation du coût de l'eau, maîtrisé dans son évolution à moyen terme ;
- des ajustements de la tarification pour tenir compte de la valorisation de l'eau par catégorie d'usage ;
- d'évaluation de la qualité de service et de son évolution à moyen et long terme avec un besoin de référence et de normes ;
- de caractérisation des usages de l'eau, tant d'un point de vue agricole que non agricole ;
- de supports de communication à usage interne et externe pour expliciter leur gestion.

Ces objectifs vont donc induire des besoins d'indicateurs autres que ceux de la comptabilité publique M14, donc de nouveaux systèmes d'information structurés. On peut penser en particulier à :

- des outils de comptabilité analytique, pour une analyse du prix de l'eau et de son évolution ;
- des supports d'archivage et d'analyse des travaux d'entretien pour étayer une gestion de la maintenance sur le principe de la Mbf ;
- des outils de simulation budgétaire et d'analyse des consommations pour caractériser la demande et ajuster les tarifications ;
- des outils facilitant la réalisation de comptes-rendus pour les usagers, les gestionnaires de l'eau sur le territoire et le grand public (Sig etc.).

Cette multiplication des flux d'information à mobiliser et à traiter, la complexité des analyses et le besoin de référentiels techniques et économiques sont-ils compatibles avec l'organisation actuelle des Asa, les compétences et le temps disponible des agriculteurs – gestionnaires ? Les premières tentatives d'introduction d'un outil de comptabilité analytique dans des Asa pilotes tendent à montrer qu'il est plus réaliste d'envisager le développement de nouveaux services d'appui, par le biais de fédérations ou de sociétés privées à même de mobiliser l'expertise, la technologie de l'information et les bases de données nécessaires (Fabre, 2000).

Conclusion

Le fonctionnement des Asa repose sur un système de gestion décentralisée sous tutelle depuis plus d'un siècle, qui a pu être décliné avec succès dans une grande diversité de contexte technique, social et économique. De par sa nature juridique d'établissement public administratif non local, les principes de gestion d'une Asa se rapprochent de ceux des services publics ruraux d'alimentation en eau potable. Les objectifs de gestion et les systèmes d'information associés sont centrés sur les obligations longuement déclinées dans les textes de lois : équilibre budgétaire annuel, respect des droits des associés et contrôle financier de l'association par les tutelles. L'informatique est entrée largement dans les systèmes d'information complexes que doivent manipuler les gestionnaires d'Asa, quitte à recourir à des sociétés prestataires de service.

Mais le succès de ce système repose sur un soutien actif et récurrent de la puissance publique par deux moyens : la politique agricole garante de rentabilité de l'agriculture irriguée d'une part, et l'aménagement du territoire pour justifier les investissements dans des réseaux d'irrigation collectifs d'autre part. Même si la tutelle de la puissance publique apparaît peu dans la gestion quotidienne des associations qui disposent d'une grande liberté de décision pour la gestion opérationnelle de leur réseau, elle a permis aux agriculteurs – gestionnaires des Asa de se focaliser sur la valorisation immédiate de leur réseau, avec l'assurance d'un soutien public en cas de défaillance.

Le désengagement de l'Etat vis-à-vis de l'hydraulique agricole et les évolutions socio-économiques imposent d'autres objectifs de gestion, notamment l'obligation d'adaptation et de modernisation du service, la durabilité des équipements, la transparence sur la qualité de service et sur les usages de l'eau vis-à-vis des acteurs internes et externes de l'association. Au-delà de la question des systèmes d'information capables de générer des indicateurs pertinents, l'enjeu réside dans les moyens d'accompagner les agriculteurs – gestionnaires d'Asa afin qu'ils adaptent leurs organisations.

Bibliographie

- ANTONY R., 1967. Planning and control systems. Harvard Univ. Press.
- BESCOS P.L., DOBLER P., MENDOZA C., NAULLEAU G., 1993. Contrôle de gestion et management (2^e édition). Eds Montchrestien. Col. Entreprendre. 471 p.
- BOUAZZA M., 1997. Gestion de la maintenance et durée de vie de quelques équipements clés des réseaux d'irrigation sous pression gérés par les Asa. Montpellier, France, Cemagref - Inat Tunis, 62 p.
- C.C.E., 2000. Tarification et gestion durable des ressources en eau. Com de la commission au Conseil, au Parlement et au Comité économique et social ; Bruxelles.
- FABRE J., 2000. Analyse diagnostic de systèmes d'information d'associations syndicales autorisées. Mémoire de stage Utt. Montpellier, France, Cemagref, 44 p.
- GLEYES G., 1998. La tarification de l'eau dans les réseaux collectifs d'irrigation en France - résultats d'une enquête auprès d'associations syndicales d'irrigants et de syndicats de collectivités territoriales. *In* Rapport annuel de la convention Derf - Cemagref Ur Irmo, 11 p.
- HALAUBRENNER G., 1996. La régulation des services publics : concilier équité et efficacité. Rapport de l'atelier : Approches économiques et régulation.
- KULESZA V., 1995. Gestion de la maintenance dans les Asa d'irrigation du Tarn. Montpellier, France, Engées - Cemagref. 172 p.
- LESBATS R., 1993. Pratique des associations syndicales autorisées d'irrigation. Cacg, deuxième symposium francophone de l'eau de Iasi, Roumanie, 27-30 mai 1993.
- LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué : le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des Associations syndicales autorisées. France, Université de Montpellier I - Ensa M-Cemagref, 104 p.
- LOUBIER S., 2001. Les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des Asa. Séminaire Pcsi « la gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches ». Montpellier 22 et 23 janvier 2001. Montpellier, France.
- MOUBRAY J., 1992. Reliability-Centered Maintenance. New York. Industrial Press.
- PLANTEY J., BLANC J., 1998. La maintenance des ouvrages et équipements. *In* Traité d'irrigation, R. Tiercelin (Coord.). Paris, France, Lavoisier Tec & Doc, p. 849-845 .
- PLATON J-P., GARIN P., OUVRY F., 1998. La maintenance des réseaux d'irrigation gérés par des associations syndicales autorisées en France. Montpellier, France, Cemagref-Irmo, Coraf-Pôle systèmes irrigués working paper 98-02 b - décembre 1998, 27 p. + 86 p.
- RAINIBE V., 1996. KARAKARA version 1.0 : Outil de gestion d'information pour les réseaux d'irrigation sous pression gérés par des Asa. Montpellier, France, Engées - Cemagref : 70 p. + manuel d'utilisation.
- REY J.P., 1991 Le contrôle de gestion des services publics communaux. Paris, France, Eds Dunod, col. Management public. 270 p.
- RIEUL L., GARIN P., 1996. Maintenance des réseaux d'irrigation gérés par les Associations syndicales autorisées. Bulletin du Conseil général du Gref, 42 : 33-42.
- TEKOUK A., 2000. Analyse-diagnostic des systèmes d'information mis en place dans les Asa et syndicats intercommunaux gérant des réseaux d'irrigation sous pression. Montpellier, France, Cemagref, 138 p.
- VERDIER J., MILLO J.-L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, Coll. Techniques rurales en Afrique, 323 p.

Conception et mise en place d'un système d'information dédié à la maintenance des réseaux hydrauliques à l'Office du Niger (Mali)

Le Gal Pierre-Yves*, Passouant Michel*, Famanta Mamady**, Bélières Jean-François*

*Cirad Tera TA 60/15 73, rue Jean François Breton 34398 Montpellier cedex 5

**Office du Niger, BP 106, Ségou, Mali

Résumé — La gestion de l'information représente un domaine central pour le fonctionnement d'organisations complexes telles que les périmètres irrigués collectifs. Le suivi et le contrôle des activités de distribution d'eau et de maintenance, la transparence des échanges d'information entre les différents acteurs qui y sont impliqués, la traçabilité des décisions prises, sont autant d'éléments dont dépendra l'efficacité du service de l'eau. L'amélioration des systèmes d'information en place passe par une réflexion à la fois technologique et organisationnelle, où l'adaptation croisée entre l'outil et l'organisation tiendra une grande place. Une intervention a été conduite dans ce sens à l'Office du Niger, concernant le suivi informatisé de la maintenance des réseaux hydrauliques. Outre son importance technique, cette activité se trouve en effet au cœur des relations entre l'Office et les agriculteurs, au sein de comités paritaires de gestion. Après un diagnostic des procédures en place et une analyse des besoins en information des différents acteurs, un logiciel a été développé, dont la conception reprend au plus près leur vision de l'entretien du réseau. L'opération, conduite sous le contrôle d'un groupe de travail interne à l'Office, en est à la mise en place de l'outil au sein de la structure de gestion. Il apparaît déjà que cette rupture technologique entraîne certaines dynamiques concernant les relations entre services au sein de l'Office, les compétences individuelles des acteurs concernés et l'apparition de nouveaux besoins. Des questions demeurent quant à l'implication des paysans dans le processus et à la prise en charge de la maintenance informatique du logiciel. Cette intervention est amenée à prendre une nouvelle dimension avec l'extension de l'informatisation à l'ensemble du système d'information de l'Office du Niger.

Abstract — Design and installation of an information system dedicated to the maintenance of the hydraulic networks of the Office of Niger (Mali). The information management represents a central field for the operation of complex organizations such as collective irrigated perimeters. The follow-up and the control of the activities of distribution of water and maintenance, the transparency of the exchanges of information between the various actors who are implied there, the traceability of the decisions taken, are so many elements on which will depend the efficiency of the water management. The improvement of the information systems in place passes by, at the same time, a technological and organisational reflection, where the crossed adaptation between the tool and the organization will take a great importance. An intervention was led in this direction to the Office of Niger, concerning the computerized follow-up of the hydraulic networks maintenance. In addition to its technical importance, this activity is indeed in the core of the relations between the Office and the farmers, within joint committees of management. After a diagnosis of the procedures in place and an analysis of the requirements in information from the various actors, a software was developed with a design integrating their vision of the networks maintenance. The operation, led under the control of an internal work group at the Office, is with the installation of the tool within the structure of management. It appears already that this technological rupture involves a lot of dynamics concerning the relations between services within the Office, individual competences of the actors concerned and

the emergence of new requirements. Questions remain as for the implication of the peasants in the process and the assumption of responsibility of data-processing maintenance. This intervention will take a new dimension with the extension of computerization to the whole of the information system of the Office of Niger.

Introduction

Les coûts d'investissement des périmètres irrigués dépendent en grande partie de la nature de leurs infrastructures hydrauliques : stations de pompage, réseaux en terre ou bétonnés, conduites, ouvrages de distribution, etc. Pour assurer leur pérennité, ces infrastructures doivent faire l'objet d'entretiens réguliers ou ponctuels selon leur état. L'ensemble de ces interventions, planifiées ou correctives, relève de la fonction maintenance et rentre pour une part significative dans le montant des redevances hydrauliques (Verdier et Millo, 1992).

La gestion de cette fonction passe par un ensemble de procédures échelonnées dans le temps et mobilisant des intervenants variés : structure gestionnaire, agriculteurs, prestataires de service. Les décisions prises utilisent ou produisent des informations sur les travaux réalisés, selon des processus dont l'efficacité influencera la qualité de l'entretien des infrastructures et les relations entre les acteurs concernés. Améliorer le fonctionnement du système d'information dédié à la maintenance, et plus généralement aux fonctions relevant de la structure gestionnaire, représente donc une voie pour l'aider à mieux maîtriser ses activités et pour réduire les tensions autour de leur gestion (Reix, 1998).

Différents points de vue seront adoptés selon que l'on s'intéresse aux fonctions du système d'information (saisie, mémorisation, traitement, communication), aux activités auxquelles il se rattache (pilotage de systèmes de production, gestion stratégique), à ses relations avec les processus de décision et la structure des organisations, ou à ses dimensions technologiques (Courbon, 1993). L'analyse et la modélisation du système en place, préalables à toute instrumentation, donnent accès aux représentations des acteurs sur leur organisation, alors que la mise en place d'un outil formalisé permet d'impulser des dynamiques de changement autour de son évolution (Fixari et al., 1997).

Cette démarche a été suivie à l'Office du Niger au Mali, où des conflits existent entre la structure gestionnaire et les représentants des paysans autour des choix de maintenance effectués chaque année. Après avoir présenté le contexte et le déroulement de notre intervention, on montrera comment les besoins de la structure ont été analysés puis traduits dans un modèle conceptuel, sur lequel a été basé le développement d'un logiciel spécifique, Simon (Suivi informatisé de la maintenance à l'Office du Niger). On analysera ensuite les premiers effets liés à l'installation de cet outil. On terminera par quelques enseignements généraux touchant à ce type d'intervention.

Cadre général de l'intervention

L'Office du Niger est une société parapublique gérant l'un des plus anciens et des plus grands périmètres irrigués d'Afrique de l'Ouest, avec environ 68 000 ha aménagés. Ces aménagements sont alimentés en eau par relevage du niveau du fleuve Niger à partir du barrage de Markala et répartis en cinq zones disposant d'une certaine autonomie de gestion. L'eau est distribuée aux parcelles paysannes à travers un réseau hiérarchisé de canaux d'irrigation en terre (figure 1). Un réseau équivalent de drainage permet d'évacuer l'eau non consommée par la culture principale, le riz. C'est donc au total plusieurs milliers d'ouvrages et de kilomètres de canaux dont la maintenance doit être assurée.

Durant sa longue histoire, l'Office du Niger est passé d'une position dirigiste, où l'ensemble des fonctions liées à la gestion d'un périmètre irrigué était conduit sous sa responsabilité, y compris l'organisation de la production agricole et la commercialisation-transformation du riz, à une position de co-gestion avec les associations d'utilisateurs (Keita et al., 1999). Cette évolution s'est accompagnée d'un recentrage de ses activités autour de la gestion de l'eau et de la maintenance des réseaux, et d'un souci de faire supporter le coût réel du service aux usagers.

Cette situation se traduit pour la maintenance par :

- un partage des rôles entre l'Office du Niger et les paysans, le premier gérant l'entretien des infrastructures du barrage jusqu'aux prises des canaux tertiaires, les seconds au-delà ; cela s'accompagne

d'un partage des coûts : l'Etat finance l'entretien du barrage et des réseaux primaires, les paysans celui du secondaire jusqu'aux parcelles ;

- l'existence sur chaque zone d'un Comité paritaire de gestion de fond d'entretien (Cpgfe) où sont discutés les projets annuels d'entretien du réseau secondaire entre les services de l'Office du Niger et les représentants des paysans ; ces discussions sont sources de conflit dans la mesure où les représentations des uns et des autres diffèrent sur la priorité des interventions à intégrer aux programmes par rapport aux sommes disponibles ;

- l'intervention de plusieurs services de l'Office du Niger dans l'élaboration des programmes d'entretien et le suivi de leur exécution, en général réalisée par des prestataires privés (tableau I pour le rôle et le sigle des différents services) ; des procédures ont été mises en place pour assurer l'échange d'information entre ces services et les représentants des paysans (figure 2).

Les enjeux financiers sont loin d'être négligeables puisque pour l'année 1999-2000, la collecte de la redevance auprès des usagers a concerné 2,85 milliards de F Cfa. La part du montant des redevances affectée à l'entretien des réseaux est en augmentation, de 42 % en 1997 à 61 % en 2001. Cela traduit une volonté de l'Office du Niger de se rapprocher du coût réel de maintien de l'appareil de production en bon état de fonctionnement (Keita et al., 1999), mais engendre des exigences de qualité de service de la part des usagers.

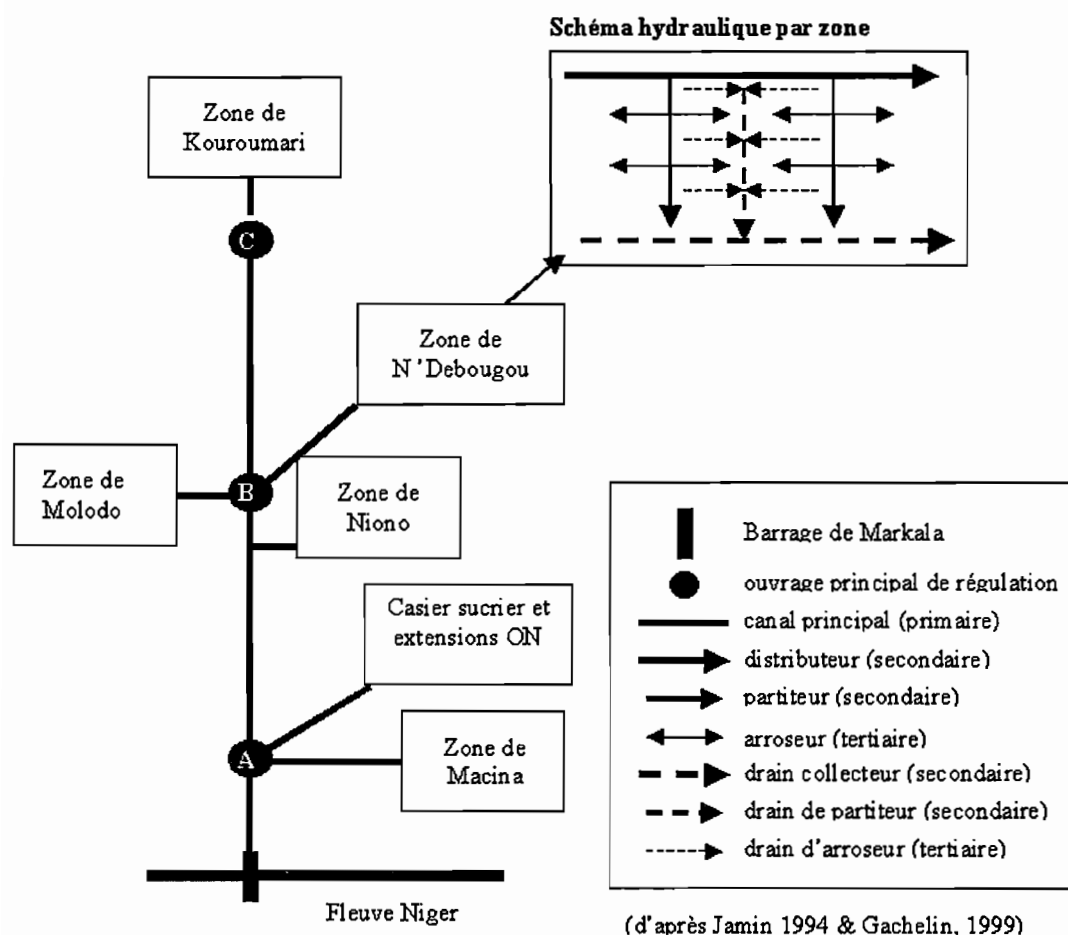


Figure 1. Représentation schématique du réseau hydraulique de l'Office du Niger.

La gestion de la maintenance génère donc de nombreuses interactions entre les services de l'Office, d'une part, avec les paysans, d'autre part. Dès les premiers contacts avec l'Office du Niger, il est apparu

que le système d'information en place pour gérer ces relations présentait des déficiences et des lacunes, que ce soit dans le traitement de l'information ou dans son archivage. L'intervention conduite pour améliorer cette situation s'est orientée vers une informatisation du système, jusqu'ici essentiellement manuel, afin d'utiliser les technologies existantes pour résoudre les blocages procéduraux de la gestion de l'information. Mais la faible utilisation de l'informatique à l'Office du Niger a conduit à adopter une démarche progressive comprenant les étapes suivantes :

- expérimentation de l'approche sur une seule zone : analyse des besoins et première maquette informatique (Bruehl, 1998 ; Gachelin, 1999) ;
- extension à l'ensemble de l'Office du Niger : élargissement de l'analyse des besoins, élaboration d'un modèle conceptuel de données à portée générale, et conception d'une application informatique prototype (Bouklit, 2000 ; Kebiri, 2000) ;
- formation des futurs utilisateurs du logiciel ;
- accompagnement à sa mise en place (en cours).

Tableau I. Les acteurs impliqués dans la gestion de la maintenance à l'Office du Niger.

Acteur	Type	Rôle
Direction générale et conseil d'administration (Dg)	Direction Office du Niger	Examen et autorisation des plans annuels de maintenance du Serp et des zones
Service des aménagements hydrauliques (Sah)	Service central Office du Niger	Coordination centrale de l'activité Centralisation des informations Interface entre la Dg et les zones Contrôle des plans par zone Contrôle des chantiers
Bureau des procédures et des marchés (Bpm)	Service central Office du Niger	Passation des marchés avec les prestataires de service (appel d'offre, contrat) Gestion de la liste des prestataires agréés
Bureau de coordination de contrôle de l'exécution des marchés (Bccem)	Service central Office du Niger	Coordonne l'ensemble des activités des bureaux de contrôle extérieurs fournissant des prestations à l' Office du Niger Contrôle des chantiers
Service d'entretien du réseau primaire (Serp)	Dépend des services centraux mais équivalent à une zone	Gestion du barrage et du réseau primaire Elaboration du programme d'entretien Suivi des interventions et de la réception des travaux
Service gestion de l'eau (Sge)	Service de zone	Analyse des besoins d'entretien Participation au Cpgfe Suivi des travaux et de leur réception
Unité d'entretien (Ue)	Dépend du Sge	Réalisation de l'entretien courant et des travaux urgents
Aiguadier	Dépend du Sge	Participation au Cpp Recensement des besoins
Comité paritaire de gestion du fond d'entretien (Cpgfe)	Office du Niger + paysans	Elaboration du plan d'entretien annuel Suivi des interventions réalisées Réception des travaux
Comité paritaire de partiteur (Cpp)	Office du Niger + paysans	Recensement des besoins d'entretien du réseau secondaire et tertiaire Suivi de l'entretien tertiaire
Prestataire de service	Extérieur Office du Niger	Réalisation des interventions programmées
Bureaux de contrôle	Extérieur Office du Niger	Contrôle des interventions réalisées Production d'un rapport de fin de chantier

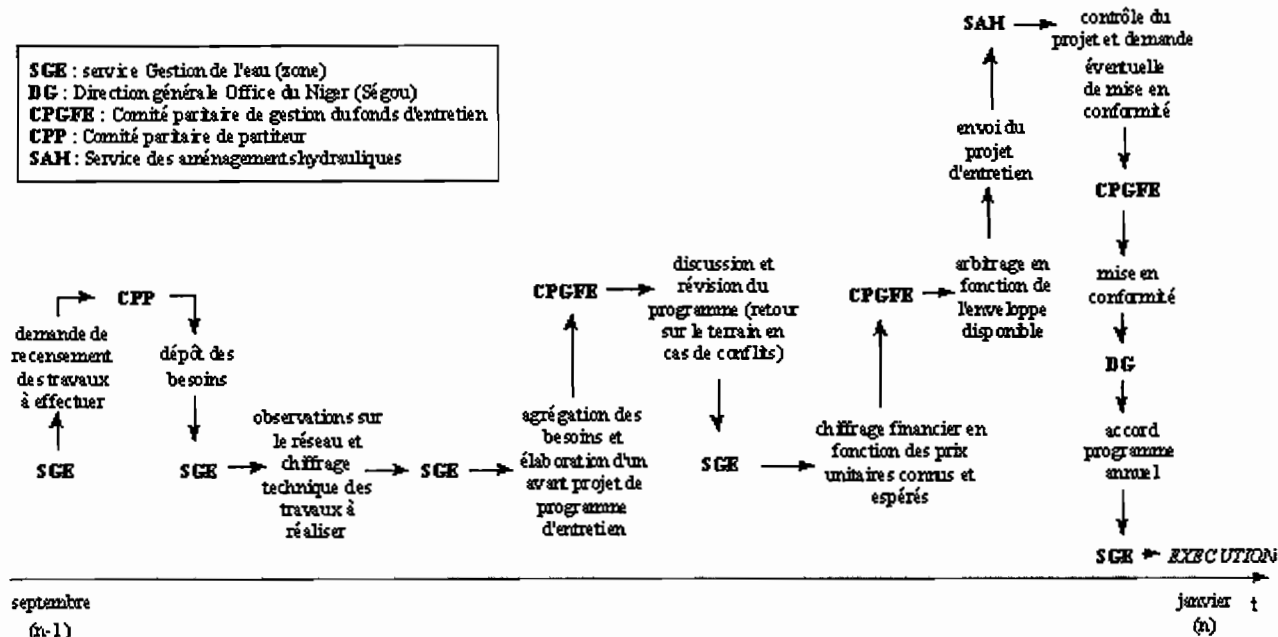


Figure 2. Procédures suivies pour l'établissement du programme annuel d'entretien par zone.

Ce processus a entraîné l'émergence de nouveaux acteurs dans l'organisation de l'Office du Niger. Un administrateur de la base de données a été désigné, dont le premier rôle a été d'animer et de coordonner la réflexion et les choix concernant l'évolution du système d'information, la conception de l'application informatique et sa mise en place. Un groupe de travail permanent a été créé pour structurer cette démarche, composé des agents directement impliqués dans la gestion de la maintenance (Sah et Sge). Ce groupe a d'abord joué un rôle central pour valider la modélisation proposée par les intervenants, préciser les besoins d'information, normaliser les procédures de collecte et de saisie des données, ainsi que les nomenclatures touchant à la caractérisation du réseau et des opérations de maintenance. Il joue maintenant un rôle pilote dans le suivi de la mise en place de l'application informatique.

Analyse des procédures et des besoins

L'Office du Niger gère la maintenance selon une procédure classique en quatre phases : élaboration des programmes d'entretien (septembre à janvier), exécution des programmes (janvier à juin), contrôle des travaux et archivage des informations relatives aux opérations réalisées. Les problèmes posés par la gestion des flux d'information entre les différents acteurs concernés, et les besoins d'amélioration ressentis, ont été explicités au cours de l'intervention afin de guider la conception de l'application informatique. Ils évolueront avec l'utilisation du logiciel et les nouvelles possibilités offertes.

Elaboration du programme annuel d'entretien

Les cinq zones et le Serp élaborent chaque année leur plan annuel d'entretien des réseaux. Le Serp conduit ce travail de façon autonome, alors que les zones doivent l'inscrire dans le cadre d'une concertation avec les représentants des agriculteurs, au sein des Cpgfe. Ce processus part d'un recensement des besoins effectués par les Cpp sur les canaux et ouvrages qui les concernent. Ces besoins sont ensuite agrégés au niveau de la zone et hiérarchisés par le Cpgfe pour tenir compte de l'enveloppe financière disponible. Un projet de plan en découle, qui est envoyé au Sah pour observations, puis transmis à la direction générale et au conseil d'administration pour accord final (figure 2).

Ce processus de sélection est source potentielle de conflits car il renvoie à des représentations différentes des opérations prioritaires. Les conflits éclatent à plusieurs niveaux : (i) entre les représentants des agriculteurs qui défendent chacun leur liste de demandes fondée sur une perception locale des priorités,

(ii) entre ces représentants et le Sge qui est souvent conduit à éliminer certaines demandes des paysans, jugées techniquement non prioritaires ou injustifiées et, *a contrario*, à rajouter des interventions qui lui paraissent nécessaires, (iii) plus rarement entre les zones et les services centraux. Ces conflits sont difficiles à résoudre si les choix opérés ne s'appuient pas sur des critères objectifs et explicites, tels que l'historique des interventions programmées et réalisées sur un ouvrage, l'évolution de son état ou des coûts d'entretien.

Exécution du programme, contrôle des travaux et archivage des informations

Une fois les programmes d'entretien des zones et du Serp acceptés par le conseil d'administration de l'Office du Niger, les appels d'offre sont lancés par le Bpm auprès des prestataires de service agréés. Des contrats sont passés et les travaux sont exécutés entre avril et juin. Ils font l'objet d'un suivi par le Sge, puis d'un contrôle (procès-verbal de réception) et d'un rapport de fin de chantier, réalisés par un cabinet indépendant. Cette phase donne lieu à la production de différents documents, qui sont ensuite archivés par les zones, tels quels ou sous la forme de fiches, où sont répertoriées les opérations d'entretien périodiques concernant les canaux.

La résolution des conflits rencontrés lors de la phase de planification dépend pour partie des dispositions prises dans la collecte, le traitement et l'archivage des informations issues de la seconde phase. Les problèmes relevés sont de plusieurs ordres (Le Gal et al., 1999) :

- les réseaux et ouvrages ne sont pas bien connus et décrits, d'autant que les plans sont parfois inaccessibles ;
- faute de normalisation, les informations disponibles dans les contrats, les procès verbaux de réception et les rapports de fin de chantier sont incomplètes ou imprécises, et ne permettent pas de localiser et de caractériser les travaux exécutés ;
- l'historique des interventions est également incomplet car (i) les opérations réalisées sur les ouvrages, l'entretien courant et (ii) les opérations finalement écartées des programmes d'entretien, ne sont pas archivées et (iii) les informations disponibles sont souvent difficiles d'accès et dispersées entre plusieurs services.

Le tableau II récapitule les besoins exprimés par les différents acteurs face à ces problèmes d'imprécision, d'incomplétude et d'inaccessibilité de l'information. Certains sont généraux, tels que la description précise de l'ensemble des éléments des réseaux ou la normalisation des nomenclatures (ouvrages, travaux), afin que l'ensemble des acteurs intervenant dans le processus de maintenance parlent le même langage, sur des objets reconnus par tous. D'autres sont plus spécifiques, tels que le souhait des paysans de conserver la mémoire de leurs demandes initiales, afin qu'elles puissent être comparées, année après année, avec les réalisations.

Tableau II. Recensement des besoins en gestion de l'information par acteur.

Acteur	Besoins recensés
Paysans	. Archivage des demandes initiales d'intervention
Sge Serp	. Archivage des caractéristiques précises des réseaux et ouvrages relevant de la zone . Archivage de toutes les interventions réalisées (entretien périodique, courant et urgent) avec descriptif précis . Production automatique d'historique par canal et ouvrage, de bilan de campagne, de programmes d'entretien sur trois ans
Sah	. Normalisation des procédures de collecte de l'information concernant la présentation des programmes d'entretien, les procès-verbaux de réception et les rapports de fin de chantier (en relation avec le Bccem) . Archivage des caractéristiques précises des réseaux et ouvrages sur tout l'Office du Niger . Archivage des programmes annuels d'entretien et des interventions réalisées . Suivi des coûts des opérations . Couplage avec un système d'information géographique et production de supports cartographiques
Bpm	. Archivage et actualisation d'une liste des prestataires de service agréés sur l'ensemble de l'Office du Niger

Le suivi informatisé de la maintenance a donc pour enjeu de répondre, dans une même application, à l'ensemble de ces besoins, tout en reproduisant de manière suffisamment fidèle l'organisation des procédures en cours à l'Office du Niger. On cherche à privilégier un processus d'apprentissage de l'Office du Niger et des paysans basé sur une adaptation croisée entre leur organisation et l'outil, plutôt qu'un alignement sur un logiciel élaboré en dehors de leur contexte et sur lequel des blocages risquent rapidement de surgir.

Conceptualisation du problème

Pour assurer cette cohérence entre le logiciel et la vision qu'ont les différents acteurs de l'entretien du réseau hydraulique, nous avons retenu des procédures analysées ci-dessus les éléments structurants suivants :

- la gestion de la maintenance est décentralisée au niveau des Sge des zones, le Sah assurant une coordination centrale ;
- une opération d'entretien concerne un élément du réseau hydraulique : canal, cavalier, piste, ouvrage (barrage, prise, régulateur, déversoir, abreuvoir, etc.) ;
- elle est réalisée par un prestataire ou par l'unité d'entretien de la zone ;
- tout entretien périodique doit être inclus dans le programme annuel. Celui-ci est le résultat de la négociation entre les représentants des agriculteurs, la zone et les services centraux de l'Office du Niger.

En appliquant la méthode entité-association sur cette base de connaissance (Tardieu *et al.*, 1983), un modèle de données a été construit autour des six entités, ou classes d'objet, suivantes (figure 3).

- L'Unité d'exploitation et de maintenance (Uem) désigne l'ensemble des composants du réseau susceptibles de recevoir une opération d'entretien. Ces Uem se spécialisent en canaux de différents types (irrigation et drainage), en cavaliers, en pistes et en différents types d'ouvrage.
- Le programme annuel d'entretien a été subdivisé en trois étapes correspondant aux différents stades d'élaboration du programme final : avant-projet, reprenant les demandes exprimées par les paysans, projet résultant des négociations au sein du Comité paritaire de zone (Cpgfe), programme annuel d'entretien *sensu stricto* après validation par le Sah et le conseil d'administration de l'Office du Niger.
- Les interventions programmées sont incluses dans les programmes ci-dessus, avec mention de la nature des défauts, de leur localisation et des travaux envisagés.
- Les interventions de maintenance désignent les opérations effectivement réalisées avec, en sus des indications précédentes, les montants des travaux.
- Les prestataires réalisant les interventions désignent les entreprises externes à l'Office comme les unités d'entretien des zones. La nature des interventions par type d'Uem définit les travaux possibles et leur périodicité selon le type d'Uem. La connaissance de la périodicité, tirée de l'expérience des acteurs et des historiques disponibles, permet d'automatiser la construction des programmes annuels d'entretien.

Ces entités sont reliées entre elles par les associations suivantes :

- un programme d'entretien est constitué d'interventions programmées ;
- une intervention programmée sera réalisée sur une Uem et possèdera une nature ;
- une intervention de maintenance est réalisée sur une Uem, possède une nature, est effectuée par un prestataire, et a été ou non programmée ;
- une Uem possède un type, qui conditionne la nature des interventions possibles.

Les données qui alimentent ce modèle circulent entre les acteurs décrits au tableau I. Chacun joue un rôle spécifique en fonction de ses responsabilités. Ainsi les aiguadiers se chargent de décrire le réseau et de faire remonter les demandes des Cpp incluses dans l'avant-projet. Les Sge des zones, et le Serp pour le réseau primaire, élaborent avec les Cpgfe le projet annuel d'entretien et gèrent les données relatives aux interventions réalisées. Le Sah produit une description de l'ensemble du réseau à partir des données fournies par les Sge, et gère le passage entre projet et programme annuel d'entretien. Le Bpm tient la liste centralisée des prestataires agréés par l'Office du Niger, qu'il transmet au Sah et aux Sge.

Deux types de traitement automatique des données sont prévus. Le premier concerne des requêtes systématiques visant à produire des listes descriptives du réseau, des tableaux de suivi de l'avancement des travaux, des historiques par Uem, dont sont déduits les programmes d'entretien à venir une fois connues les périodicités. Le second permet de construire le programme annuel d'entretien par déduction automatique du projet, lui-même tiré de l'avant-projet.

Afin d'assurer sa cohérence vis-à-vis de la réalité vécue par les acteurs, ce modèle conceptuel a été amendé puis validé par le groupe de travail au cours de plusieurs réunions successives, avant de passer à la phase d'informatisation proprement dite.

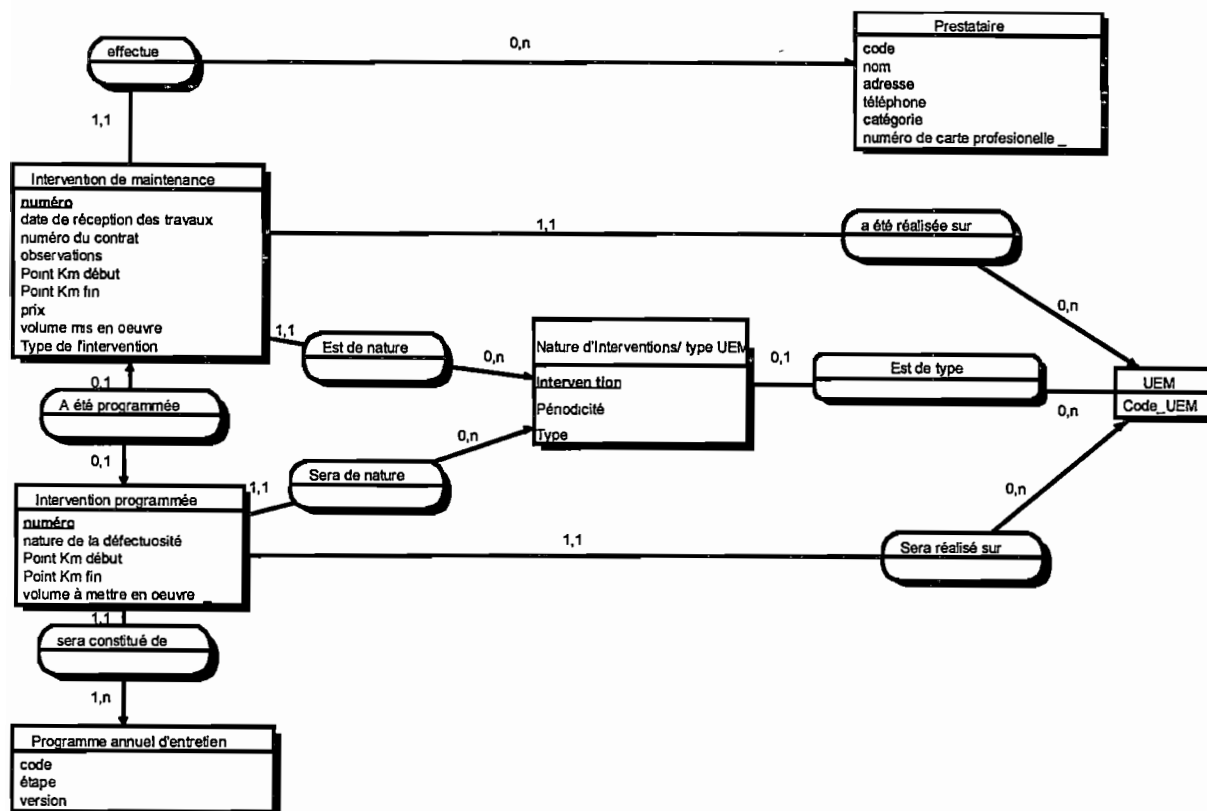


Figure 3. Modèle conceptuel de données simplifié.

Application informatique : le logiciel Simon

Sur ces bases conceptuelles, un logiciel spécifique, Simon (Suivi informatisé de la maintenance à l'Office du Niger) a été développé à partir d'Access^o. Compte tenu de la multiplicité et de la dispersion des acteurs intervenant dans le dispositif, et des problèmes de télécommunication dans la région de l'Office, nous avons opté pour une gestion des bases de données décentralisée par zone, avec consolidation au niveau du Sah. Mais nous avons adopté pour principe général que les droits d'écriture sur un type d'information (saisie, modification, annulation) ne sont donnés qu'à un seul utilisateur, pour éviter les risques d'erreur ou de perte d'information. Les échanges d'informations se font sur support magnétique et la base est consultable par tous.

Au lancement de l'application, l'écran d'accueil affiche une zone d'authentification, quatre domaines fonctionnels renvoyant aux entités conceptuelles, et trois domaines opérationnels (figure 4). Après s'être identifié, et selon ses droits, l'utilisateur aura accès aux différents domaines en consultation simple, ou avec possibilité de mettre à jour les données.



Figure 4. Ecran d'accueil du logiciel Simon.

Le domaine « réseau » est sous la responsabilité des Sge de zone et du Serp. Il permet d'identifier et de décrire les composants du réseau hydraulique (Uem), qui seront consolidés sur l'ensemble de l'Office par le Sah. Les mêmes acteurs sont également responsables des domaines « programmation et entretien ». Les Sge saisissent avant-projets et projets, le Sah les programmes annuels d'entretien définitifs. Les Sge et le Serp saisissent et contrôlent les interventions réalisées, le Sah ne faisant que les consolider et les utiliser pour ses besoins propres d'analyse. Le domaine « prestataire » est géré par le Bpm, qui saisit la liste des prestataires.

Le domaine « éditions » permet à l'utilisateur de choisir les sorties qui l'intéressent dans une bibliothèque de requêtes déjà programmées. Les « éditions avancées » permettent de construire des filtres sur les requêtes existantes, qui limitent l'analyse à une partie de la base. Enfin, le domaine « paramétrage », réservé à l'administrateur, est destiné au réglage de l'application, notamment la gestion des droits, et à la gestion des nomenclatures qui y sont utilisées.

A titre d'exemple, la figure 5 présente l'écran destiné au suivi des interventions de maintenance. L'opérateur commence par choisir le programme annuel d'entretien auquel se réfèrent les interventions à saisir. Il va chercher l'Uem concernée à partir de son code unique. Le logiciel lui propose alors une liste des interventions prévues sur cette Uem dans le programme. Il choisit celle qui l'intéresse et saisit le détail de ses caractéristiques (type de travail, PK, quantité, etc.). Une fois sauvegardées ces données, l'intervention saisie vient s'afficher dans la liste des interventions en haut de l'écran. Les boutons d'action situés sur la droite de l'écran permettent d'ajouter, corriger, rechercher et imprimer les informations stockées dans la base.

Suivi des interventions de maintenance

Année: 1998 Programme: NI-1998-PAE Choisir la Campagne

Liste des interventions: Niono

numéro prestataire	code UEM	type de travail	point km de	point km de	volum	paix uni	date de ré	nom
129	NI-Ari-Branche 1d2	déblai pour remblai compacté provenir	0	0	0	0		
74	Ent-4444444444	nettoyage / faucardage	0	13000	0	0	01/01/98	DIARRA
171	NI-Ari-Branche 1d2-Cig		0	0	0	0		
169	NI-Ari-Branche 1d2-Cig		0	0	0	0		
170	NI-Ari-Branche 1d2-Dv		0	0	0	0		

code d'UEM: NI-Dis-Retail Type: Retail Nom: Retail NF d'intervention: 181

Liste des interventions programmées

type de travail	type d'entretien	point km
nettoyage / faucardage	courant	0
curage	périodique	0

Prévisions

Type de travail:

Type d'entretien:

point km début / fin (en m):

Quantité:

Nature de la déféctuosité:

Réalisations

Partie concernée:

Prestataire:

Numéro du contrat:

Date:

Prix unitaire:

Montant:

Observation:

Date de mise à jour:

Ajouter

Modifier

Sauvegarder

Supprimer

Rechercher

Imprimer Liste Intervention

Imprimer Intervention

Annuler

Fermer

Figure 5. Ecran de saisie et de consultation des interventions réalisées.

Mise en place du logiciel et dynamiques organisationnelles : premiers résultats

La mise en place du logiciel dans les services centraux (Sah et Bpm), le Serp et les zones a été précédée d'une phase de réflexion d'une dizaine de mois, durant laquelle le groupe de travail s'est réuni périodiquement. Cette phase a permis aux différents acteurs de la maintenance, d'une part, de partager leurs représentations et leurs connaissances et de s'entendre sur la définition et la description des objets et activités concernant cette fonction, d'autre part, de s'imprégner progressivement de la logique du logiciel, que ce soit en termes de structure et de fonctionnalités.

Ce processus a été facilité par l'existence d'une première maquette informatique, visible et manipulable dès le démarrage de l'opération en octobre 1999. Cette maquette a rapidement évolué en intégrant les réflexions du groupe de travail, au fur et à mesure de leur production. Un double processus d'apprentissage s'est ainsi installé, (i) des concepteurs vis-à-vis les futurs utilisateurs, dont ils ont découvert progressivement les connaissances et les modes de gestion, (ii) des utilisateurs vers la logique informatique, en articulant les réflexions sur le logiciel et ses fonctions avec des démonstrations et quelques premières manipulations. L'intérêt de cette démarche progressive et interactive s'est manifesté lors de la formation au produit final, quand les utilisateurs ont constaté, que Simon reproduisait bien leurs modes d'organisation de la maintenance et de gestion de l'information.

Cette formation, conduite en octobre 2000 à l'Office du Niger, a marqué le démarrage de l'utilisation effective du logiciel sur l'ensemble des services et zones concernés. Une fois formés, les responsables des Sge et des Ue ont tenu à associer au processus tous les agents susceptibles de manipuler l'outil. Les chefs d'équipe de l'Ue et les chefs de casier ont ainsi été conduits à saisir les informations concernant le réseau dont ils ont la charge. Les éclusiers et les aiguadiers, chargés de la collecte des informations sur le terrain, ont bénéficié de démonstrations afin d'assurer l'intégration de l'outil à la culture et aux pratiques de tous les agents des services « gestion de l'eau ». Ils bénéficieront par ailleurs d'un retour de leur travail, sous la forme d'une description détaillée sur papier des canaux et ouvrages qu'ils gèrent.

Il aurait été possible d'écarter les représentants des agriculteurs aux Cpfge de cette dynamique, en arguant de leur faible niveau de formation technologique. Cette position aurait été dangereuse car, mal maîtrisée, la mise en place de Simon pourrait creuser l'asymétrie d'information entre l'Office du Niger et les paysans. Cet écueil a été levé, d'une part, en intégrant l'archivage des demandes d'interventions annuelles des agriculteurs dans le logiciel, d'autre part, en développant une interface entre Simon et le système d'information géographique de l'Office, de façon à projeter des indicateurs de description et d'évaluation de la maintenance sur une représentation cartographique du réseau. L'hypothèse sous-jacente est que cette forme de présentation illustrera les tableaux de chiffres de façon plus pertinente pour les paysans.

L'usage de la carte permet également de mettre en évidence des problèmes plus difficiles à détecter par d'autres voies. On a ainsi testé la possibilité de représenter des parties de canaux oubliées ou au contraire entretenues plusieurs fois avant le délai de retour d'une intervention périodique. La mise en routine de cette application cartographique permettra d'enrichir progressivement la bibliothèque de thèmes représentés, et d'analyser plus finement la façon dont les différents acteurs s'approprient ce support et l'intègrent à leurs processus de décision.

Parallèlement à ces considérations générales, la récente mise en place de Simon a permis de soulever différents points touchant aux relations croisées entre l'outil et l'organisation de l'Office du Niger. Cette analyse sera approfondie à mesure que l'utilisation du logiciel sera intégrée aux procédures de gestion de la maintenance, et notamment aux négociations entre les paysans et l'Office du Niger.

De l'outil à l'organisation

L'introduction de Simon représente une rupture technologique importante avec la situation antérieure, ce qui conduit l'organisation à réagir rapidement et sur de nombreux aspects. En premier lieu, les relations formelles entre agents et services sont revitalisées, afin d'assurer la complétude et la fiabilité des données dans le cadre défini en commun par le groupe de travail et matérialisé par l'outil informatique. Celui-ci agit comme support, guide et stimulant de ces dynamiques nouvelles.

Ainsi, le Bpm n'avait jusqu'ici jamais pu établir une liste complète des prestataires travaillant avec l'Office, l'information se trouvant au niveau des zones qui ne voyaient pas nécessairement l'intérêt de la centraliser. Le logiciel permet au Bpm de réaliser cet objectif, car il prévoit que la liste des prestataires, où les opérateurs de saisie sélectionneront l'entreprise responsable d'une intervention, soit unique pour tout l'Office, de manière à réaliser des statistiques sur cette population d'acteurs telles que la comparaison des coûts d'un même prestataire selon les zones ou la comparaison des coûts entre prestataires pour un même type d'intervention. Les zones sont d'autant plus incitées à collecter et transmettre cette information au Bpm, que lui seul est habilité à saisir et modifier la liste dans Simon.

Dans le même esprit, le concept d'Uem a joué un rôle intégrateur entre tous les agents de l'Office du Niger impliqués dans la maintenance, de l'aiguadier au chef du Sah. Bien que cette notion, proposée par nous-même, fût à l'origine relativement abstraite, elle a été bien comprise par tous et elle a fourni d'emblée un langage commun et unificateur pour désigner les objets sur lesquels portent la maintenance. Cette intégration et cette compréhension collectives ont été des vecteurs de bon fonctionnement du processus de conception et de mise en place du logiciel.

Simon a ainsi contribué à structurer les liens entre les acteurs de la maintenance. Mais il n'a pas réduit l'autonomie des zones par rapport aux services centraux. Chacune dispose en effet de sa propre base sur laquelle elle peut introduire, à son initiative, de nouvelles requêtes. Un niveau central de coordination, représenté par l'administrateur de la base de données et le groupe de travail, demeure cependant nécessaire pour éviter de trop grandes disparités entre les zones, que ce soit dans les méthodes utilisées, la qualité des données ou l'évolution des possibilités offertes par Simon en matière d'états de sortie. Le groupe de travail est donc destiné à se pérenniser, tout en adoptant un fonctionnement souple et adaptatif en régime de routine.

Les conséquences de Simon sur la politique des ressources humaines de l'Office du Niger sont encore difficiles à évaluer. On peut raisonnablement estimer que les agents des Sge impliqués dans ce processus vont acquérir une compétence informatique, par auto-apprentissage lié à l'utilisation du logiciel ou par des formations, qui les valoriseront au sein de l'organisation. Cette situation pourrait également avoir un effet attractif pour de jeunes professionnels, dès lors que l'Office du Niger procédera à des recrutements

rendus nécessaires par l'évolution technologique de son système d'information. De même est-il difficile d'imaginer les réactions des paysans face à ce nouvel outil. L'objectif n'est pas d'en faire des manipulateurs du logiciel, mais des utilisateurs formés à l'analyse de ses sorties, qu'elles soient ou non cartographiques. L'information pourra ainsi être partagée, tracée et rendue plus transparente.

De nouvelles possibilités peuvent également émerger avec la puissance de stockage et de traitement des informations fournies par le logiciel. Ainsi, le suivi de l'entretien du réseau tertiaire reste jusqu'à présent à l'écart du processus. Mais le groupe de travail ayant considéré que les prises seraient définies à partir de leur canal aval, la conception du logiciel a conduit à codifier et saisir tous les arroseurs tertiaires, car leurs prises relèvent du réseau secondaire. Potentiellement, il est aujourd'hui possible de suivre avec Simon la maintenance du tertiaire, ce qui sous-entend de nombreuses implications pour les paysans et les aiguadiers : formalisation des programmes d'entretien, suivi des interventions, détermination des coûts, formation plus poussée des représentants des agriculteurs à la maintenance, etc. De nouvelles dynamiques pourraient ainsi émerger avec l'introduction du logiciel.

De l'organisation à l'outil

Dans sa configuration actuelle, Simon intègre la plupart des demandes initialement exprimées par l'Office du Niger et reproduit au mieux l'organisation en place. Les premières utilisations du logiciel ouvrent néanmoins de nouveaux horizons aux agents, et de nouveaux besoins apparaissent, qui devront trouver des solutions informatiques. Ainsi, les chefs Sge souhaitent pouvoir automatiser la production des bilans mensuels décrivant l'état d'avancement de l'entretien sur leur zone : cette demande peut s'intégrer facilement à la logique de Simon, mais il n'en sera pas forcément toujours le cas. De même, si les chefs Sge sont formés pour programmer des requêtes simples, des sorties plus complexes, telles que l'automatisation des programmes d'entretien sur trois ans, nécessiteront l'intervention d'un informaticien professionnel.

Cette dynamique renvoie au problème de la maintenance du logiciel sur un pas de temps qui dépasse nécessairement celui de l'intervention en cours. En effet, dès lors que Simon s'intègre au cœur des métiers de l'Office du Niger, son bon fonctionnement doit être assuré en permanence. Pour ce faire, une nouvelle organisation doit être mise en place, que ce soit en créant un véritable service informatique au sein de l'Office, ou en contractant la maintenance à une société de service extérieure.

Conclusions

En l'espace de deux ans et avec des moyens relativement réduits, fournis par l'Office du Niger pour le fonctionnement interne du projet, par le Cirad et la coopération française pour l'appui technique et l'analyse des processus, et par la coopération néerlandaise pour les équipements micro-informatiques, la vision et la gestion de la maintenance à l'Office du Niger ont connu des évolutions sensibles, perceptibles dans la motivation des agents de l'Office directement impliqués dans ce projet. En témoigne également le souhait de la direction de l'Office que soit généralisée cette informatisation à l'ensemble de son système d'information.

Cette dynamique en marche demeure néanmoins fragile, d'autant qu'elle aborde la phase critique d'assimilation du logiciel par l'organisation, où les risques d'échec sont élevés (Reix, 1998). La démarche adoptée, progressive et partant des besoins et réactions des futurs utilisateurs, a permis jusqu'ici d'éviter de trop grandes distorsions entre la réalité de l'outil et celle des acteurs. La participation *in situ* d'étudiants au projet a également permis de maintenir un niveau d'activités et une proximité suffisantes pour éviter une démotivation des agents de l'Office. Cette situation n'est pas durable, et l'organisation devra puiser en elle-même les forces et les moyens nécessaires pour pérenniser l'évolution de son système d'information. Une politique renouvelée des ressources humaines, visant un rajeunissement des cadres, et une meilleure intégration des producteurs au processus, représentent des conditions nécessaires pour atteindre cet objectif.

Quel peut être le rôle de la recherche dans cette dynamique ? L'appui technique fourni par le Cirad à l'Office du Niger part d'une hypothèse éprouvée en sciences de gestion, à savoir que le chercheur ne peut étudier le fonctionnement d'organisations complexes comme les entreprises, sans s'impliquer dans leurs dynamiques de changement (Moison, 1984). L'objet général d'étude concerne ici les relations

entre l'évolution du système d'information, les dynamiques organisationnelles et les processus de prise de décision internes au sein d'une entreprise et dans ses relations avec ses clients. La dimension technologique ne constitue donc qu'une part de ce questionnement, mais elle s'avère consommatrice en temps pour aboutir à un outil opérationnel. La nécessité d'assurer la permanence du logiciel rend souhaitable qu'une telle intervention soit conduite en partenariat avec une société de service, à qui seront confiées les tâches de développement et de maintenance informatique, les chercheurs focalisant leur action sur la conceptualisation du problème, l'élaboration d'un prototype informatique et l'analyse organisationnelle. Cette voie sera étudiée lors de l'extension de la démarche à l'ensemble du système d'information de l'Office du Niger.

Bibliographie

BOUKLIT M., 2000. Mise en place d'un suivi informatisé de la maintenance à l'Office du Niger. Mémoire de fin d'études Um Il-Cirad, 55 p. + annexes.

BRUEL O., 1998. Mise en place d'une maquette d'un outil de gestion pour les périmètres irrigués en Afrique sahélienne. Mémoire de Dess, Cnam-Cirad, 96 p.

COURBON J.-C., 1993. Système d'information : structuration, modélisation et communication. Paris, France, InterEditions, 288 p.

GACHELIN C., 1999. Mise au point d'un outil de suivi de la maintenance à l'Office du Niger. Mémoire de fin d'études Engees-Psi-Cirad, 40 p. + annexes.

FIXARI D., J.C MOISDON, B. WEIL, 1997. A quoi rêvent les logiciels ? L'informatisation des services extérieurs du ministère du Travail. In J.-C. Moisdon (ed.), Du mode d'existence des outils de gestion, Seli Arslan, p. 68-90.

JAMIN J.-Y., 1994. De la norme à la diversité. L'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger. Thèse Doctorat Ina-Pg, 256 p.

KEITA N., KALOGA K., BELIERES J.-F., 1999. D'une gestion étatique de l'eau à une gestion paritaire Etat/usagers : le cas de l'Office du Niger au Mali. Séminaire Hydrotop, Marseille, 15-17-06-1999, 23 p.

LE GAL P.-Y., PASSOUANT M., GACHELIN C., BLANC D., SY M., 1999. Améliorer le fonctionnement des périmètres irrigués collectifs à travers leur système d'information : exemple de la maintenance sur deux cas ouest-africains. In Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne, Cirad-Coopération française-Cta-Psi, Dakar, Sénégal, p. 346-357.

MOISDON J.-C., 1984. Recherches en gestion et intervention. Revue Française de Gestion, sept.-oct. 1984 : 61-72.

REIX R., 1998. Système d'information et management des organisations. Paris, France, Vuibert, 410 p.

TARDIEU H., ROCHFELD A., COLLETTI R., 1984. La méthode MERISE, principes et outils. Paris, France, Les éditions d'organisation, 318 p.

VERDIER J., MILLO J.L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Paris, France, La Documentation Française, 323 p.

Le Sirs-Sols du périmètre irrigué de Cébala (Basse vallée de la Mejerda, Tunisie)

Un système d'information pédologique spécialisé pour la modélisation agronomique

Erik BRAUDEAU*, Ahmed LOUKIL**, Chafik ZIDI**, Chedly DEROUICHE**,
Mohamed Niang***, Mohamed HACHICHA****, Hatem BELOUCHETTE****,
David DECLUSEAU* et Amor MTIMET**.

*Ird, Iam, 3191 route de Mende, BP 5056, 34033 Montpellier Cedex 1

**Direction des Sols, ministère de l'agriculture, Tunis

***Led, Jussieu Paris VII

****Inrgref, Tunis, Tunisie

Résumé — Le terme Sirs-sols (système d'information à référence spatiale des sols) a été donné à ce Sig pour en rappeler la spécificité : celle de reposer sur une cartographie et une caractérisation pédologiques satisfaisant aux règles de l'approche systémique et la théorie du Système général. Cette spécificité confère au Sig une organisation des informations cartographiques du milieu naturel en niveaux d'organisation emboîtés (unités de relief, de modelé, de sols) en correspondance avec les différents niveaux de gestion également hiérarchisés du milieu administré, le système hydro-agricole. Cela lui donne la possibilité d'être utilisé comme support d'informations idéal pour la modélisation agronomique des unités de sol de même que, aux échelles de gestion supérieures (l'exploitation, le périmètre irrigué, la zone hydro-agricole) pour la simulation ou prévision de la production agricole, de la consommation d'eau etc. On a fait état à cette occasion du problème de la caractérisation du sol pour la modélisation agronomique et partant, de la nécessité de repositionner la physique du sol dans un contexte systémique. Cela pour 1) tenir compte de l'organisation interne hiérarchisée de l'horizon de sol, (pédostructure, agrégats, plasma argileux) et 2) quantifier certaines notions de physique du sol, empiriques à l'échelle agronomique (capacité au champ, point de flétrissement) mais expliquées aux niveaux internes de la pédostructure par les processus d'interaction eau-sol.

Abstract — **The soil-SRIS for the irrigated area of Cébala.** The term soil-SRIS (Spatially referenced information system) was given to this GIS to remind us of its specificity : it is based on pedological characterisation and mapping that satisfies the rules of the systems approach and particularly the General System theory. Because of this, the cartographic information about the natural environment is organised within the GIS in hierarchical arrangements of interlocking units (relief, landforms and soils units). These units correspond to the various levels of management of the hydro-agricultural system, which is also hierarchical. It can therefore be used as an information support for *agronomic modelling* of soil units and also, at higher levels of management (exploitation of the irrigated area, hydro-agricultural area), for the *predictive simulation* of agricultural production, water use, etc. Thus, we mention the challenges of soil characterisation for agronomical modelling, and explain the need to use the Général System approach to 1) take into account the hierarchical internal organisation of the soil horizon (pedostructure, aggregates, clay matrix) and 2) to explain and quantify the empirical parameters used by the agronomist (field capacity, wilting point) based on processes of soil-water interactions inside the pedostructure.

Introduction

Devant la volonté actuelle des pays à mettre en place des systèmes aménagés durables, visant à une production optimisée, une amélioration des conditions d'exploitation, une préservation du système, le Sig ne peut plus être seulement une simple cartothèque qui rassemble les documents cartographiques existant sur une zone et présentant le milieu (infrastructure, organisation sociale et administrative, sols, peuplements, bâtis etc.), ses points de contrôle et de suivi. Le Sig doit aussi être un support d'informations fiables pour la modélisation du fonctionnement du système aménagé et sa simulation dans le temps, afin de pouvoir répondre aux grandes questions stratégiques que se pose le pays en matière d'aménagement du territoire et d'impact de ces aménagements dans le long terme.

L'un des principaux soucis de la Tunisie en matière d'aménagements hydro-agricoles est la gestion de l'eau d'irrigation qui doit tenir compte de plusieurs contraintes fortes : des ressources en eau limitées, une demande en eau croissante, la nécessité d'un recours aux ressources marginales comme les eaux usées traitées et les eaux saumâtres. Pour gérer l'allocation de l'eau aux différents niveaux de gestion : Commissariat régional au développement agricole (Crda), périmètres irrigués, Groupements d'intérêt collectif (Gic)... , mais aussi pour valoriser l'eau à la parcelle, en fonction du climat, en fonction des sols, il est nécessaire de pouvoir faire des estimations de la demande en eau, des prévisions de productions de toute sorte. C'est ce que l'on fait au niveau de la parcelle par l'intermédiaire de modèles biophysiques comme CropSyst (Stockle et Donatelli, 1997) ou Stics (Brisson *et al.*, 1998), capables de simuler une production agricole en prenant en compte les paramètres du milieu physique (sols, climat) et du système de culture.

Un Sig contribuera avantageusement à cette modélisation s'il possède les informations utiles concernant le milieu physique et en particulier le sol : la délimitation des unités de sol et les caractéristiques physiques de leur fonctionnement hydrostructural en tant que réserve d'eau et milieu de croissance et d'alimentation pour la plante. Or, pour l'obtention de ces informations pédologiques adaptées aux besoins de la modélisation quantitative, se pose toujours à l'heure actuelle le problème conceptuel de la délimitation des unités de sol et de la caractérisation de leurs propriétés physiques.

C'est dans cette problématique que nous pensons important de présenter la notion de Sirs-sols, système d'information à référence spatiale sur les sols, notion qui recouvre un certain nombre de réflexions sur la nécessité d'adopter l'approche systémique et le modèle du système général en particulier (Le Moigne, 1994), pour structurer le Sig en systèmes d'organisations emboîtés ; ce qui concerne autant le milieu administré que le milieu naturel, de la couverture pédologique jusqu'aux micro-organisations du sol (agrégats primaires, plasma argileux). Il s'ensuit une nouvelle conception de la caractérisation physique du sol pour obtenir les paramètres pertinents du sol entrant dans les modèles agronomiques.

Ces réflexions ont pris forme au cours de la réalisation du Sirs des sols du périmètre irrigué de Cébala dans la Basse Vallée de la Mejerda, dans le cadre du programme de Construction d'un Sirs sur les Sols Irrigués de Tunisie (Sirssit), mené par la direction des sols en collaboration avec l'Ird.

Présentation du projet

Cadre

Le programme Sirssit est inscrit depuis 1997 dans le cadre « suivi des périmètres irrigués » à la direction des sols. Parmi les sites hydro-agricoles envisagés pour commencer cette activité nouvelle en recherche et développement, celui de la basse vallée de la Mejerda (Bvm) a été retenu à cause de la priorité donnée à cette région par le Serst et l'Iresa concernant les actions de coopération avec l'Ird (réunion de concertation du 4 mars 1998).

Sirssit est donc devenu Sirssit-Bvm (1998-2000) et a été l'occasion pour la direction des sols d'engager plusieurs travaux de mise au point méthodologique :

- l'installation et la mise en route d'un laboratoire de rétractométrie pour la caractérisation hydrostructurale du sol ;
- la formalisation des données rétractométriques pour être adaptée à la cartographie pédologique et la modélisation agronomique d'un milieu aménagé hydro-agricole ;
- la conception du Sirs-Sols.

Objectif

L'objectif est de répondre de manière cohérente au problème de l'utilisation et de la pertinence des données pédologiques dans la problématique de la gestion de l'eau et de l'environnement d'un système irrigué. Pour cela, il s'agit d'établir un *Sirs* des données pédologiques permettant la modélisation agronomique des parcelles et une simulation des termes de production et de demande en eau à plusieurs niveaux de gestion du système.

Site d'étude

Le site d'étude choisi est le périmètre de Cébala, un périmètre irrigué par les eaux usées traitées venant de Tunis. Il est situé dans la basse vallée proprement dite, côté est de la route Tunis-Bizerte, entre Cébala, Borj-Touil au sud et l'embranchement vers Kalaat Landalous au nord, à hauteur de l'ancien pont de Bizerte au-dessus de la Mejerda (figure 1). Ce périmètre de 3 180 ha, datant de 1988, fait partie des périmètres publics nouvellement aménagés et gagnés sur des terres salées et assainies comme ceux de Kalaat Landalous et Henchir Tobias dans la même zone à proximité de la mer. Le périmètre de Cébala est cependant le seul à être aménagé pour l'irrigation en eaux usées traitées.

Problématique et choix méthodologiques

Position de la pédologie dans l'élaboration d'un Sig

Aujourd'hui les moyens informatiques permettent de présenter un milieu organisé à toutes les échelles de perception, ce qui fait que le problème d'appréhension, de caractérisation et de présentation du milieu sol revient à l'actualité et se pose avec plus d'acuité encore. Ce problème se résume en deux questions principales auxquelles la cartographie pédologique a toujours été confrontée :

- la délimitation des unités cartographiques à une échelle donnée ; c'est la toute première opération de modélisation du milieu, l'opération de « systémographie » en modélisation systémique (Le Moigne, 1994) ;
- la caractérisation typologique et physique de ces unités aux différentes échelles, en sachant pour qui et pourquoi cette caractérisation. Pour cela, il est nécessaire de faire la distinction entre une formulation empirique des propriétés de l'objet pour la problématique posée par l'utilisateur (ici l'agronome) et une formulation mécaniste et théorique qui ne peut se faire qu'au niveau d'échelle du processus à l'intérieur de l'objet dans ses niveaux d'organisation internes (horizon de sol, agrégats, plasma, particules).

Pour traiter de ces deux questions à la fois, la reconnaissance et prise en compte effective des niveaux d'organisation, aussi bien internes qu'externes au sol, est nécessaire ; et l'approche systémique s'impose d'elle-même. La première question a largement été débattue par les géographes depuis les années 80 autour des notions de géosystème et de niveaux d'organisation d'échelle spatiale croissante (Barrué-Pastor et Muxart, 1992). Les géographes cependant n'allaient pas jusqu'à la définition des unités de sol et encore moins jusqu'à l'échelle des processus à l'intérieur du sol. A cause de cela peut-être, mais surtout, à cause de la diversité des approches et du choix des critères d'homogénéité, la délimitation des unités d'un niveau donné restait un problème de systémographie non résolu (Muxart *et al.*, 1992) : sous le regard de quelle discipline exprimer les différents niveaux du système complexe ? C'est Brabant (1992) qui, exprimant l'expérience de nombre de pédologues de terrain, a clairement donné les principes d'un découpage fonctionnel du milieu naturel en niveaux emboîtés : unité naturelle de terrain, unité de modelé, unités de sol, horizon. C'est cette démarche que nous avons adoptée qui est en parfait accord avec le modèle du système général (Sg) de J.L. Le Moigne (1994) comme nous le verrons plus loin. Par contre, la deuxième question, à savoir la caractérisation des unités de sol, n'a jamais été traitée dans cette même vision systémique et a, de ce fait, très peu évolué contrairement à la cartographie; elle est en tout cas en complet déphasage avec les notions qui s'y sont développées : échelles d'observation, niveaux hiérarchisés, transfert d'échelle.

En fait, ce qui va nous permettre de traiter du problème de la caractérisation du sol pour le *Sirs-Sols*, en phase avec la cartographie, est l'application de la théorie du Sg au système que forme l'homme et le sol ; sol que l'homme exploite et entreprend de connaître pour mieux le contrôler et le gérer.

Le système homme-sol isomorphe du système général

« La théorie du système général est la théorie de la modélisation des objets quels qu'ils soient (naturels, artificiels, complexes) à l'aide de cet objet artificiel peu à peu façonné par la pensée humaine que L. von Bertalanffy proposera d'appeler le système général (Le Moigne, 1994, p. 60). ... La théorie du système général est – et n'est que – l'exposé d'une théorie de la modélisation : l'exposé des propriétés cohérentes de l'objet système général, outil de modélisation. »

Le système général, défini exhaustivement comme un *objet actif, stable, évoluant, dans un environnement, et par rapport à une finalité*, a été décrit méthodiquement par Le Moigne (1994) dans un référentiel à trois axes, universel au sens de l'analyse systémique : fonctionnel, ontologique et génétique (figure 1).

Cette étude conduit Le Moigne à une formalisation du système général schématisé à la figure 2.

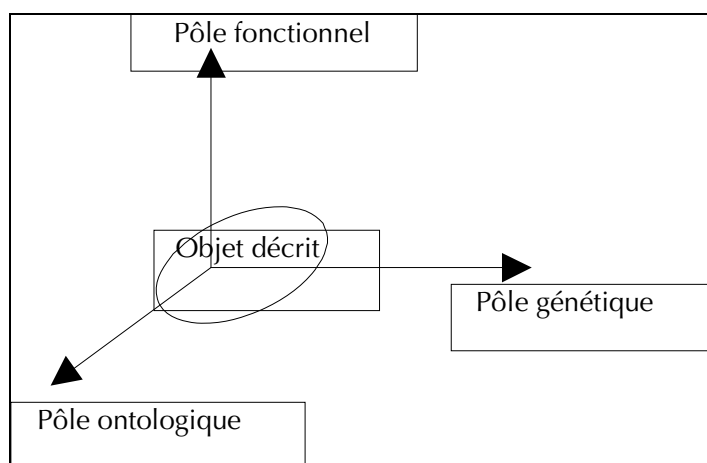


Figure 1. Description de l'objet modélisé dans un référentiel universel à trois axes.

Le système général est composé, sous sa forme la plus évoluée, d'un système opérant (So), géré, connu, contrôlé par un système de pilotage (Sp), par l'intermédiaire d'un système d'information (Si).

Comment ensuite établir une correspondance entre un *objet* identifié, par exemple le périmètre irrigué de Cébala, et le système général ? La réponse est « relativement simple : la représentation que construit l'observateur sera à la fois :

- isomorphe du système général : le modèle aura un Sp, un Si et un So ;
- homomorphe de l'objet à représenter.

La première condition sera vérifiée si « les propriétés dont on dote le modèle sont bien en correspondance bijective avec celles du système général : un objet qui, doté de finalités, fonctionne, se structure et évolue dans un environnement » (Le Moigne, 1994). La seconde condition stipule que l'on peut faire correspondre à chacun des traits dont on dote le modèle au moins un trait perçu ou anticipé de l'objet considéré.

Concernant le milieu aménagé, on peut constater que l'idée ou la représentation (modélisation) que l'on peut se faire d'un système de gestion à quelque niveau d'organisation de ce milieu que ce soit, remplit facilement ces deux conditions (figure 3) : du niveau de la parcelle avec l'agriculteur qui la gère, à la grande zone hydro-agricole sous la responsabilité du Crda, en passant par le groupement d'agriculteurs autour d'une borne ou le périmètre irrigué avec son directeur.

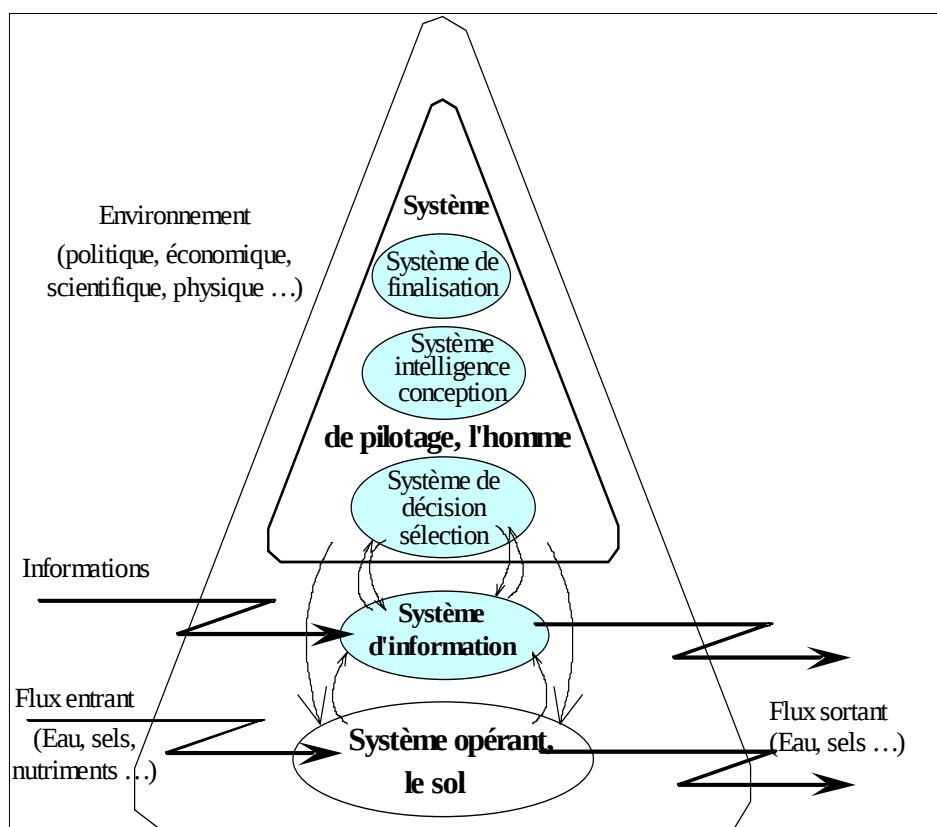


Figure 2. Le système général homme-sol.

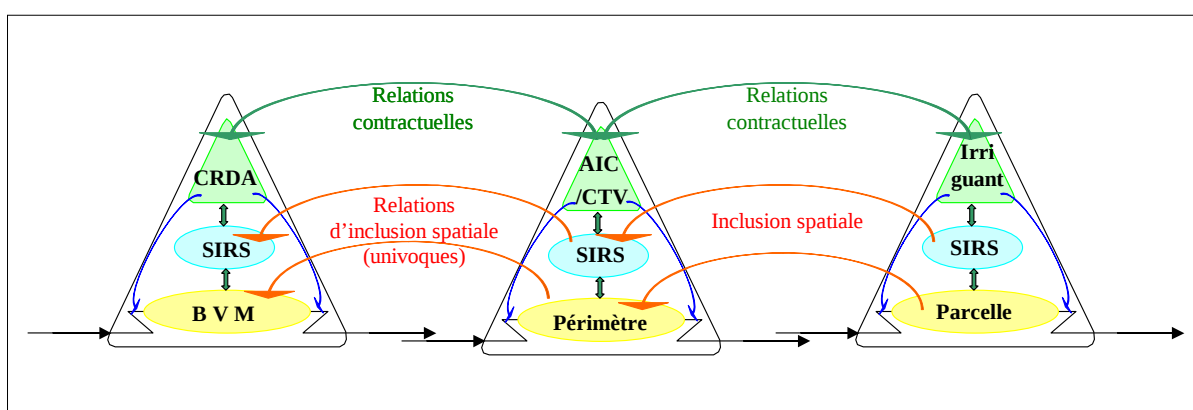


Figure 3. Les systèmes hiérarchisés de gestion de l'eau et du sol dans la Bvm.

Ainsi, l'homme gestionnaire à un niveau donné, est en relation avec le sol par l'intermédiaire de son propre système de représentation, le Si, du milieu aménagé, le So, lequel est un milieu physique délimité dans l'espace et lui-même subdivisé en sous-systèmes opérants. Grâce à la mise en homomorphie de chaque niveau de gestion avec le système général (figure 2), il est possible alors d'ériger un système d'information commun à tous les gestionnaires aux différentes échelles (agriculteur, chef du périmètre, etc.) tout simplement en géoréférençant chaque Si de chaque niveau. Chaque Si devient alors un SIRS (figure 3) ; et le fait que les différents acteurs soient des gestionnaires de systèmes opérants délimités et inclus les uns dans les autres entraîne que leurs SIRS soient également en rapport d'inclusion strict d'un niveau de gestion à l'autre, supérieur ou inférieur. Le système de représentation commun a en fait toutes les caractéristiques d'un Sig qui, au lieu de présenter les informations sans distinction de niveaux d'échelle, est organisé en SIRS des différents niveaux de gestion inclus les uns dans les autres. La

conclusion à laquelle la modélisation selon le Sg conduit est le résultat important suivant : les Si à référence spatiale des différents gestionnaires d'un milieu spatial administré sont automatiquement compatibles entre eux (figure 3). Restent à considérer maintenant les principes d'organisation du milieu naturel puis l'adéquation entre les deux milieux (figure 4).

Considérant le milieu dit naturel, toujours en se référant au modèle du Sg, il y aura compatibilité des Si des différents niveaux d'organisation du milieu naturel si celui-ci est vu par un même regard, celui du scientifique en science du sol, aux différentes échelles emboîtées (figure 4) qui émergent de manière évidente comme l'a exprimé Brabant (1992) et bien d'autres naturalistes pédologues, du paysage à l'unité homogène de sol, elle-même composée de couches homogènes appelées horizons, composés eux aussi d'agrégats. En reprenant donc, à la figure 4, la systémographie proposée par Brabant (1992) mais, comme on le verra plus loin, en la continuant à des niveaux d'organisation encore plus fins à l'intérieur de l'horizon de sol, jusqu'aux niveaux des processus physico-chimiques d'interaction eau-sol (figure 18 en annexe) ; et cela en respectant les deux règles énoncées plus haut pour rester en conformité avec le Sg. Le système {pédologue – Sirs – milieu naturel} est bien isomorphe du Sg avec un Sp un Si et un So. Le So (l'unité naturelle de terrain) est lui-même organisé en plusieurs sous-systèmes opérants emboîtés, satisfaisant à la règle d'homomorphie avec les systèmes fonctionnels de la structure du milieu naturel.

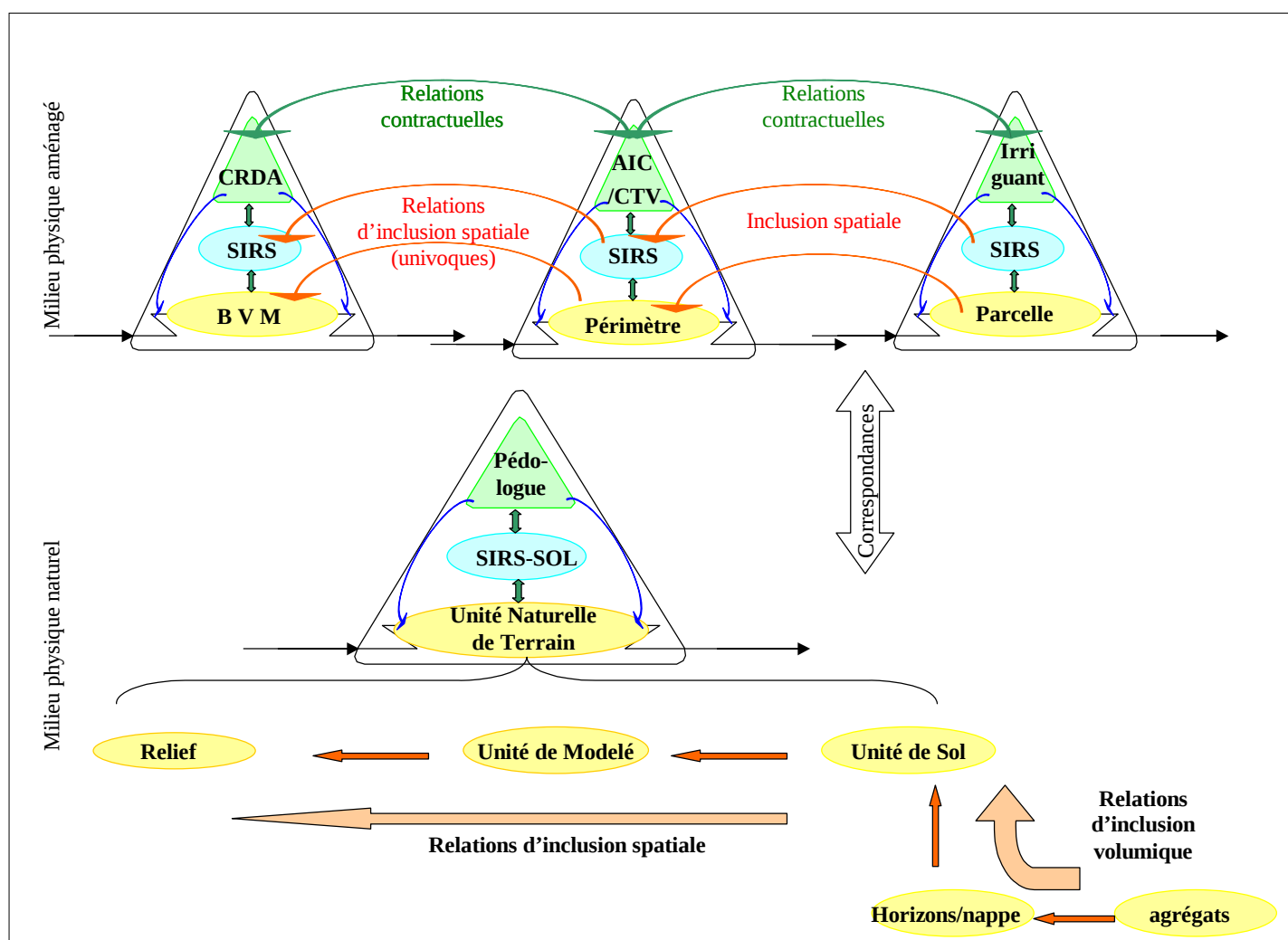


Figure 4. Les deux types de modèles du milieu hydro-agricole isomorphes du système général : les systèmes de gestion ou d'exploitation d'unités spatialisées et les systèmes géomorpho-pédologiques.

Adéquation entre les Si du milieu anthropisé et du milieu naturel

L'adéquation entre les deux milieux, anthropisé et naturel, est un problème depuis longtemps débattu de l'étude d'un objet-système complexe et transdisciplinaire (Muxart *et al.*, 1992). C'est cette même question qui nous intéresse ici mais le référencement au modèle du système général fait que nous limitons notre étude au cas de milieux pédologiques anthropisés, sous une gestion spatialisée en cours et couvrant plusieurs niveaux ; comme peut l'être un milieu hydro-agricole régional, communal... On se trouve alors dans le cas de la figure 4 où les deux milieux se distinguent d'emblée par l'organisation de leur système opérant et par suite de leur Si respectif. On peut ainsi constater les deux points suivants.

La relation transversale (dans le même milieu) d'un système opérant d'un niveau à un autre (et donc aussi d'un Si à un autre) est une relation d'inclusion spatiale stricte ; la connaissance des caractéristiques intrinsèques d'un niveau se retrouve au niveau supérieur augmentée de la connaissance de la répartition de ces caractéristiques dans ce niveau.

Le croisement d'informations entre les deux systèmes d'information parallèles, celui du pédologue et celui du gestionnaire (figure 4), se fait en croisant les unités de base des deux systèmes : l'unité de sol pour l'un et la parcelle pour l'autre.

C'est une constatation importante car effectivement, la modélisation agronomique que l'on veut pouvoir effectuer sur la base des informations du Si, s'adressera exactement à l'unité issue de ce croisement {unité de sol – parcelle}, unité qu'il serait justifié de dire maintenant « agronomique ». Ensuite, grâce aux Si des niveaux de gestion supérieurs, la modélisation des unités agronomiques s'intègre facilement (somme exhaustive des surfaces) aux niveaux d'échelle supérieurs pour donner les simulations recherchées de production, d'accumulation et d'évolution des unités de gestion géoréférencées à ces échelles de niveau supérieur. La fiabilité des résultats de la simulation repose donc sur la qualité de la modélisation agronomique de l'unité (agronomique) sol-parcelle qui elle-même dépend de la qualité de la modélisation hydrostructurale du module sol (l'unité de sol) et donc de sa délimitation et de sa caractérisation.

Après cette analyse, on discerne mieux les qualités que doit posséder le Si pour son utilisation comme support d'informations à la modélisation et d'aide à la décision (simulations). Il doit être composé :

- d'un Si des niveaux de gestion emboîtés de la zone agricole ;
- d'une cartographie pédologique en niveaux d'organisation naturelle emboîtés ;
- d'une caractérisation physique des unités de sol, en rapport avec les niveaux d'organisation internes et leurs propriétés hydrostructurales.

Choix méthodologiques

Le Si des niveaux de gestion du périmètre irrigué de Cébala

Le Si du milieu aménagé est le résultat d'un long travail méthodique et classique de rassemblement des documents cartographiques liés à l'aménagement du périmètre et à sa gestion publique par le Crda : plans d'aménagement, parcellaire, zonage, subdivisions administratives, points de contrôle (piézomètres, buses, parcelles enquêtées), photos aériennes, satellites existants etc. Tous ces documents sont ensuite numérisés, vérifiés, géoréférencés pour une concordance précise entre les couches des infrastructures, les photos aériennes et les cartes d'état-major. Chaque thème possède sa table d'identification, de caractérisation et de suivi (état de marche, données d'utilisation, de contrôle ou de mesure) en lien avec le livre de compte du gestionnaire du périmètre qui est ici le « Centre de gestion du périmètre irrigué en Eut de Cébala- Borj-Touil ».

Le Si des sols de la zone hydro-agricole de Cébala

Il est généralement admis (Brabant, 1992) que les unités de sol sont incluses dans les unités de modelé, elles-mêmes sous-unités du relief (figure 4). Or, les unités de modelé sont facilement délimitées sur photos aériennes (à 1/20 000 généralement) après un travail d'interprétation que l'on effectue à l'aide de documents géologiques et pédologiques qui existent généralement à 1/50 000 sur la zone. Ces délimitations de modelé apportent déjà beaucoup de renseignements sur le matériau qui constitue le sol

car, du fait de leur position géomorphologique, ces unités possèdent un matériau de même origine (d'apport ou en place sur la roche-mère) et de même nature car ils ont évolué sous un même régime pédohydrique et climatique. Les unités de relief et de modelé spécifient donc le matériau sol sur les deux axes, ontologique et évolutif de la figure 1.

Ce qui peut ensuite amener une délimitation interne de l'unité de modelé en sous-unités de sol est une différenciation sur l'axe fonctionnel, c'est-à-dire une différence dans le comportement interne du sol vu comme processeur vis-à-vis des flux qui le traversent (figure 2), face aux stimuli de l'extérieur (culture, climat...). Or, en général, ce qui induit une différence de comportement est la présence d'une nappe à faible profondeur, ou bien une variation texturale liée à la mise en place hétérogène du matériau, la pratique d'un système de culture particulier ou encore un aménagement particulier (drainage). Dans le cas des sols de Cébala, la délimitation des unités de sol à l'intérieur d'une unité de modelé a été le plus souvent imputable à une variation de la texture et de la salinité. Ce sont ces critères relevés au cours de prospections de terrain et observations à la tarière qui ont servi à la délimitation des unités de sol de l'ancienne carte à 1/20 000 dressée par A. Mori en 1963. Pour sa réactualisation, on a donc procédé comme suit.

Les unités de modelé ont d'abord été redessinées sur l'ancienne carte des unités de sol reconnues par A. Mori (1963), en regroupant les unités de sol dans les unités géomorphologiques auxquelles elles appartiennent. Puis, les contours de ces unités géomorphologiques (ou de modelé) ont été corrigés d'après la mosaïque des photos aériennes de 1988 à 1/20 000 elle-même géoréférencée dans le Sirs. Une fois cette correction faite, les unités de sol identifiées par Mori (1963) et qu'il a différenciées par leur texture et leur salinité à plusieurs niveaux de profondeur, ont été vérifiées et quelques fois corrigées par une prospection sur le terrain. Il en a résulté deux cartes, une carte physiographique et une carte pédologique, dont les unités sont incluses les unes dans les autres, représentant 4 niveaux de structure : unités de relief, de modelé, de sols et d'horizons (niveaux de profondeur) comme indiqué à la figure 4.

Grâce à cet emboîtement, les unités de sol ainsi délimitées peuvent être considérées comme unités homogènes pour la modélisation agronomique. De plus, elles sont correctement caractérisées dans la légende selon les trois axes de description, d'une part par leur dénomination dans la classification tunisienne et d'autre part, par leur texture et salinité à plusieurs niveaux de profondeur. En effet, la classification des sols utilisée en Tunisie est une adaptation de la classification française (Cpcs, 1966), dite pédogénétique : les sols sont nommés et classés d'après leur degré d'évolution, leur origine, les facteurs de la pédogenèse et le processus pédogénétique en cours. La nature du matériau, sa mise en place sont données par la carte physiographique.

Cependant, la description sur l'axe fonctionnel par mention de la texture et de la salinité semble très succincte pour une modélisation quantitative de l'unité de sol dans les modèles agronomiques. Cette remarque pose le problème de l'utilisation quantitative des cartes pédologiques, avec leur contenu d'informations, pour la modélisation du système sol-plante.

Caractérisation physique des unités de sol pour la modélisation agronomique

Actuellement, les modèles comme CropSyst utilisent des fonctions *pedotransfer* pour fournir les caractéristiques physiques du sol dont ils ont besoin pour tourner au minimum : la densité apparente, la capacité au champ, le point de flétrissement, la courbe de potentiel de l'eau et la conductivité hydraulique. Ces fonctions *pedotransfer* sont des équations empiriques, souvent polynomiales, donnant une valeur statistique de la propriété du sol en fonction de la texture (Tietje et Tapkenhinrichs, 1993). Par conséquent, une carte pédologique qui présente une délimitation fiable des unités de sol homogènes et qui renseigne dans sa légende sur la texture en surface et en profondeur, peut être considérée comme le minimum atteint pour permettre une modélisation agronomique des sols telle qu'on la conçoit actuellement en agriculture de précision (Bouma *et al.*, 1999).

Cependant, il subsiste un problème fondamental concernant la caractérisation physique du sol en général : à savoir que le milieu sol, que l'on prend comme milieu hypothétique de travail pour établir les équations du fonctionnement hydrique du sol, est un milieu poreux rigide où aucune place n'est donnée aux processus physico-chimiques d'interaction entre l'eau et les particules et agrégats du sol, lesquels dépendent entièrement de la nature minéralogique du plasma argileux. Ces processus hydrostructuraux que l'on néglige, sont pourtant à l'origine des propriétés physiques du sol comme la réserve en eau, la

capacité au champ et même la courbe de potentiel de l'eau. De plus, certains phénomènes comme les fentes de retrait, les propriétés mécaniques du sol associées aux états hydrostructuraux (friabilité, cohésion...), dépendent directement de la variation volumique des organisations internes du sol. Ces phénomènes, importants à considérer dans la gestion agricole (travail du sol, irrigation en fonction de l'état hydrique du sol) ne peuvent donc pas être modélisés avec une telle conception du sol, c'est-à-dire sans considération de l'organisation interne hiérarchisée variable avec l'eau.

Cela semble réducteur car, pour être en mesure de modéliser ces phénomènes hydrostructuraux, il est nécessaire de disposer d'au moins un indicateur 1°) du comportement physique minéralogique du matériau et 2°) de son organisation fonctionnelle interne ; ce que la texture seule ne peut donner. Par contre, la courbe de retrait (Cr), qui représente le volume massique d'un échantillon de sol soumis à évaporation en fonction de la teneur en eau, peut remplir ce rôle car elle contient en elle-même ces deux types d'information. Ces informations ont été définies et formalisées de manière précise et pertinente à partir d'un modèle d'interprétation de la courbe de retrait mesurée en continu (Braudeau, 1988b ; 1995) qui prend en compte l'organisation interne de l'horizon de sol appelée pédostructure (figure 19 en annexe) et la variation volumique de cette organisation.

La mesure en continu de la Cr est une condition nécessaire pour repérer précisément les points de transition de phase de retrait sur la courbe de retrait (Braudeau *et al.*, 1999) ; ces points constituant les paramètres caractéristiques du comportement hydrostructural du sol. On doit pour cela disposer d'un appareillage spécifique appelé rétractomètre (figure 18 en annexe) qui est malheureusement peu courant mais dont la direction des sols a fait l'acquisition en 1997 pour le projet Sirssit. L'annexe fournit quelques indications sur la méthodologie adoptée pour caractériser le sol et fournir de manière standard les paramètres pertinents nécessaires à une modélisation agronomique du sol. Le détail de la théorie se trouve dans un numéro spécial du Bulletin des Sols (Direction des sols et Ird, 2001). On démontre que l'espace de description des propriétés hydrostructurales de la pédostructure (et ses niveaux internes) est de dimension 11 ; ce qui veut dire que 11 paramètres indépendants sont nécessaires pour décrire la totalité de ces propriétés. Ces paramètres sont choisis parmi les coordonnées des points de transition obtenues sans difficulté à partir de la courbe de retrait mesurée (Braudeau *et al.*, 1999).

Comme il n'était pas envisageable d'introduire ces 11 paramètres dans la légende de la carte pédologique on a cherché à ne retenir que ceux nécessaires au modèle agronomique. A ce sujet, Braudeau et Donatelli (2001) ont montré que les paramètres de base à retenir pour modéliser la variation hydrostructurale du sol étaient les suivants : le volume apparent V (sec ou à la capacité au champ), la capacité au champ W_{cc} , le point de flétrissement W_{pf} , K_{bs} (pente de la phase de retrait dite « normale ») et la valeur du *COLE* (coefficient of linear extensibility, indicateur standard des propriétés de gonflement-retrait du sol) facilement obtenue en laboratoire par une méthode normalisée (McKenzie *et al.*, 1994). Avec ces paramètres, on modélise la partie de la courbe de retrait dont on a besoin, entre la capacité au champ (début de l'ouverture de la porosité verticale : fissures, fentes) et l'état sec. Tous ces paramètres sont évidemment fournis de manière précise et cohérente par la Cr si elle est mesurée au rétractomètre. A défaut, ils sont évalués soit séparément par des tests standards (courbe des pF pour la capacité au champ et le point de flétrissement), soit par des fonctions *pedotransfer* à partir de la texture ou sur la base éventuellement d'autres renseignements comme la capacité d'échange cationique (Cec) ou la nature du matériau argileux.

Dans le cas du Sirs-Sols de Cébala, s'agissant d'une méthodologie nouvelle à formaliser et mettre en œuvre pour le projet, l'analyse rétractométrique n'a pas porté sur l'ensemble des sols du périmètre mais seulement sur les sols des segments d'enquête du Crda (groupement de parcelles de 20 ha environ, figure 10). A partir de là, deux travaux de recherche ont été mis en route :

- une étude sur les paramètres pédohydriques mesurés, les corrélations avec la texture, le pF 4.2 (W_{pf}) et le pF 2.8 (W_{cc}), le type de sol ;
- un suivi agronomique sur deux sols différents des segments analysés : 4 systèmes de culture mis en place par l'agriculteur ont été suivis pendant 2 cycles de manière à tester CropSyst muni des paramètres locaux, aussi bien en termes de croissance, développement, production agronomique qu'en termes d'états hydriques et salins du sol (Belhouchette *et al.*, 2001).

Résultats

Le Sirs-Sols

Les résultats sont présentés sous forme de quelques exemples de sorties graphiques. L'ensemble des données du Sirs-Sols sont consignées dans un Cd-Rom qui accompagne le Bulletin des Sols (Direction des sols, Ird, 2001). Un catalogue des données, dont le sommaire est donné au tableau I, décrit chaque thème introduit.

Tableau I. Liste des thèmes introduits dans le Sirs-Sols.

Bornes d'irrigation (p. 23)	Nappe (Profondeur) (p. 31)	Pistes (p. 39)	Soupapes (p. 47)
Canal eaux usées (p. 24)	Nappe (Salinité) (p. 32)	Points pédologiques (p. 40)	Station d'épuration (p. 48)
Chambres de vannes (p. 25)	Occupation du Sol (p. 33)	Relief (p. 41)	Station de pompage (p. 49)
Côte (p. 26)	Parcellaire (p. 34)	Réservoir (p. 42)	Unité de Cébala / Borj Touil (p. 50)
Courbes de niveaux (p. 27)	Pédologie (p. 35)	Routes (p. 43)	Ventouses (p. 51)
Drainage (p. 28)	Périmètre (p. 36)	Secteurs d'irrigation (p. 44)	Vidanges (p. 52)
Géomorphologie (p. 29)	Photos aériennes (p. 37)	Secteurs parcellaires (p. 45)	Zones drainées (p. 53)
Irrigation (p. 30)	Piezomètres (p. 38)	Segments Crda (p. 46)	Zones d'irrigation (p. 54)

Echelle régionale

Organisations de gestion régionale

La figure 5 présente la délimitation du gouvernorat de l'Ariana qui reprend en majeure partie la délimitation du « grand périmètre irrigué de la Bvm » en 1953.

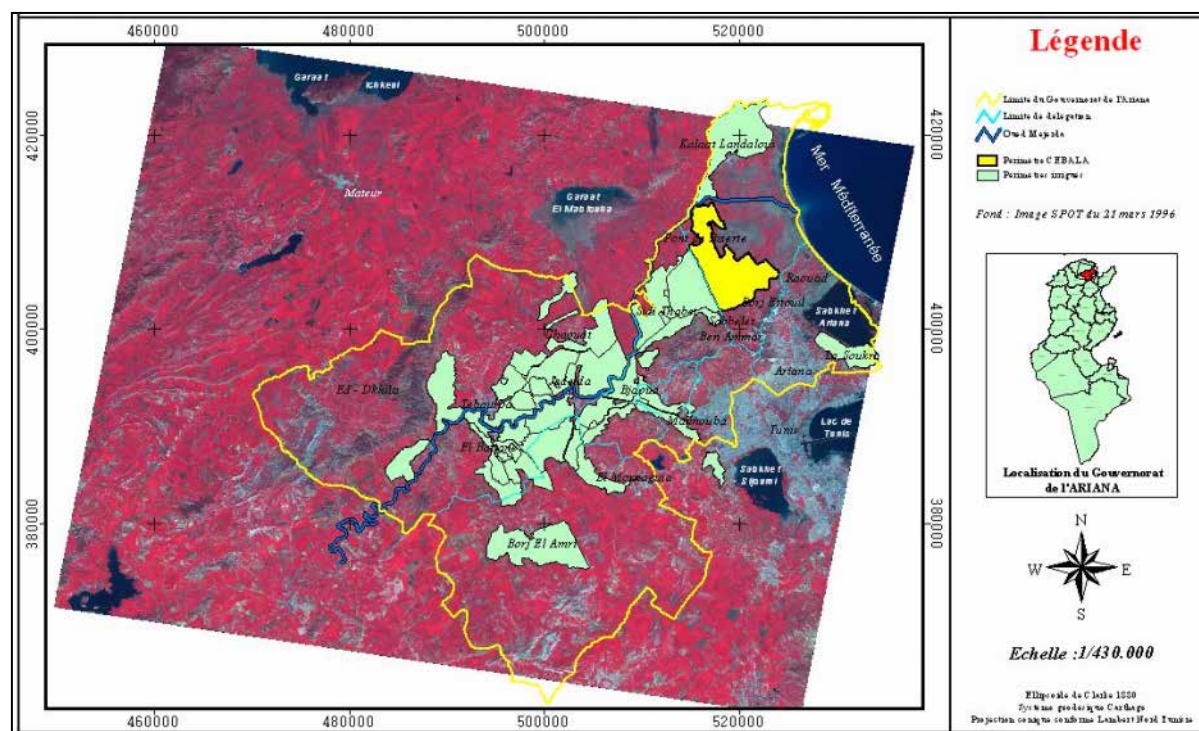


Figure 5. Carte de situation : le périmètre de Cébala (hachuré) parmi les périmètres irrigués (en gris clair) dans le Gouvernorat de l'Ariana (image spot 1995).

La réalisation des périmètres irrigués, à part celui de Kalaat Landalous au nord et celui de Cébala, date des années 70. Ils représentent environ 30 000 ha irrigués par l'eau de la Mejerda par l'intermédiaire de 3 grands canaux et d'un réseau important de conduites à ciel ouvert portées.

Administrativement, ces Ppi anciennement gérés par l'Omvvm (Office de mise en valeur de la vallée de la Mejerda) jusqu'en 1988, sont actuellement sous la dépendance du Crda de l'Ariana qui assure les grands travaux d'entretien, la fourniture et la gestion de l'eau d'irrigation, effectue les enquêtes statistiques, aides et conseils techniques etc. à travers plusieurs délégations qui ont été représentées à la figure 6. Le barrage de El Aroussia à l'entrée du delta de la Bvm, près de Tébourba (fig. 6) est le réservoir à partir duquel l'eau de la Mejerda est répartie en plusieurs grands canaux d'irrigation dont celui qui amène l'eau à ciel ouvert jusqu'au Cap Bon. Le périmètre irrigué de Cébala, zone initialement marécageuse et soumise aux crues de la Mejerda (jusqu'en 1973), n'a été aménagée qu'en 1988 après assainissement et ne fait pas partie du réseau d'irrigation de la Mejerda.

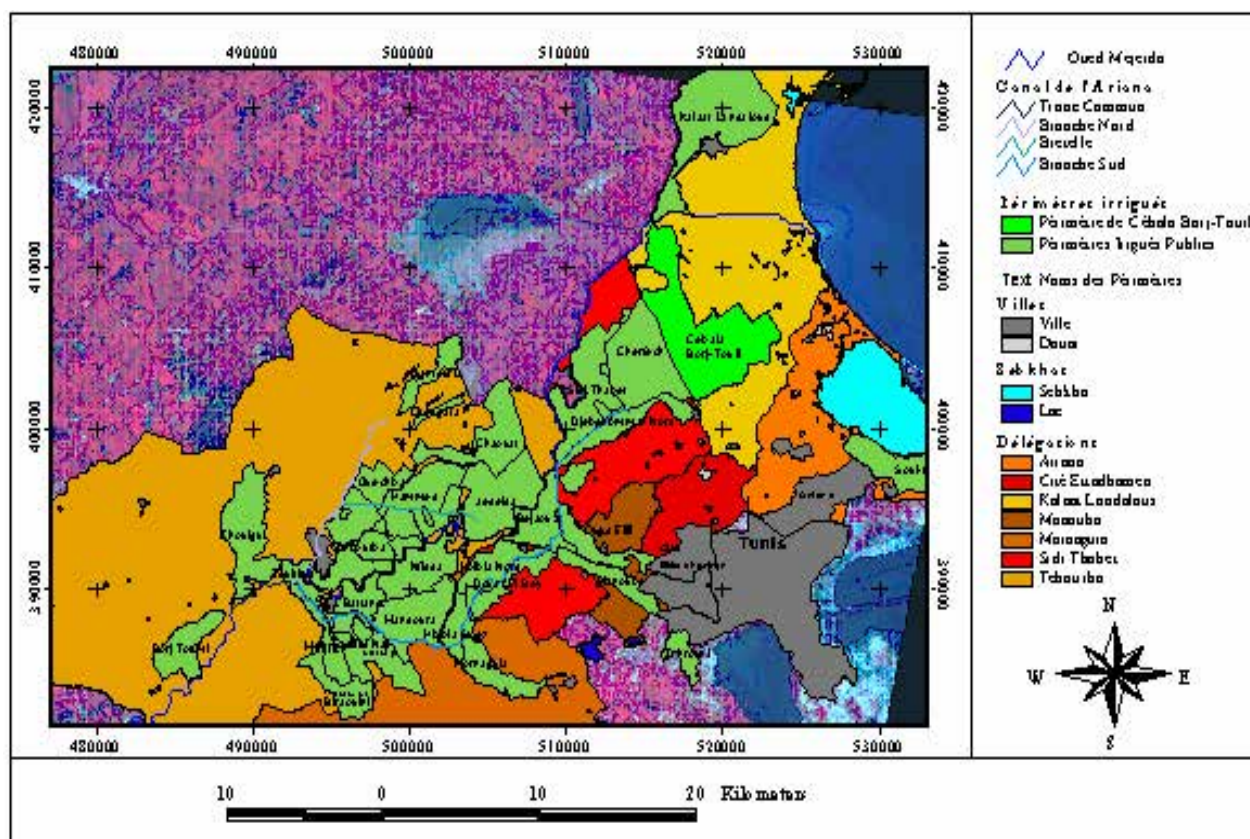


Figure 6. Limites administratives et grands canaux d'irrigation.

Environnement naturel autour du périmètre

La figure 7 présente le périmètre de Cébala à quelques kilomètres de la mer, bordant la route nationale Tunis-Bizerte. C'est une image spot de juillet 1998. On a représenté les grands émissaires dont certains ont été construits bien avant l'installation du périmètre en 1988 pour assainir la zone (sols salés et marécages). On aperçoit au nord du périmètre le nouveau cours dévié de la Mejerda, canalisé jusqu'à la mer après un dernier poste de pompage pour le périmètre de Kalaat Landalous au nord.

Les collines calcaires qui bordent la Bvm au sud, la séparant de la ville de Tunis, sont bien visibles colorées en marron (Djebel Amar). Au nord du périmètre, au croisement de la Mejerda et de la route de Bizerte (ancien pont de Bizerte), on aperçoit en marron clair des collines que longe et traverse la Mejerda qui sont des *lunettes* d'accumulation éolienne situées entre un relief calcaire résiduel.

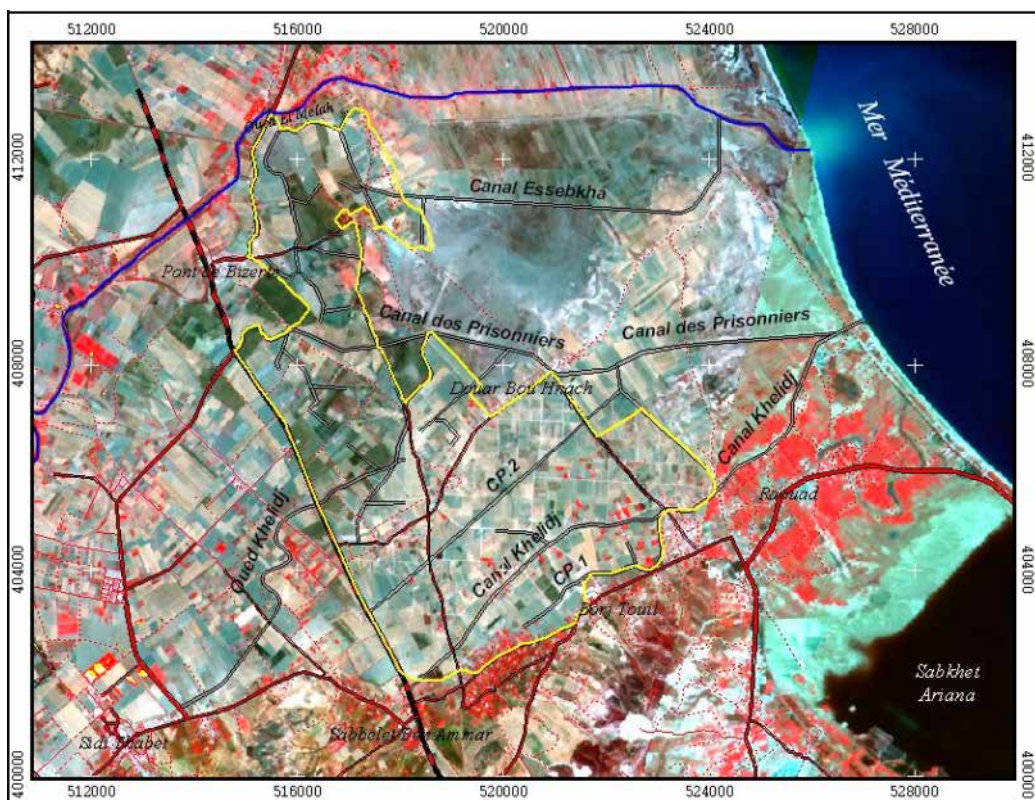


Figure 7. Image spot (mars 1988) du périmètre de Cébala avec ses principaux émissaires.

Echelle du périmètre

Infrastructure hydraulique du périmètre

Les figures 8 et 9 donnent les réseaux complets de drainage et d'irrigation du périmètre. A la figure 9 sont représentés la station d'épuration de Raoued au nord de Tunis, le canal d'amenée des eaux traitées vers la mer et la station de pompage sur ce canal qui refoule l'eau dans un réservoir placé sur la colline calcaire au dessus de Borj-Touil. L'eau arrive donc sous pression dans le périmètre au niveau de chaque borne, elle-même référencée dans le Sirs (figure 11).

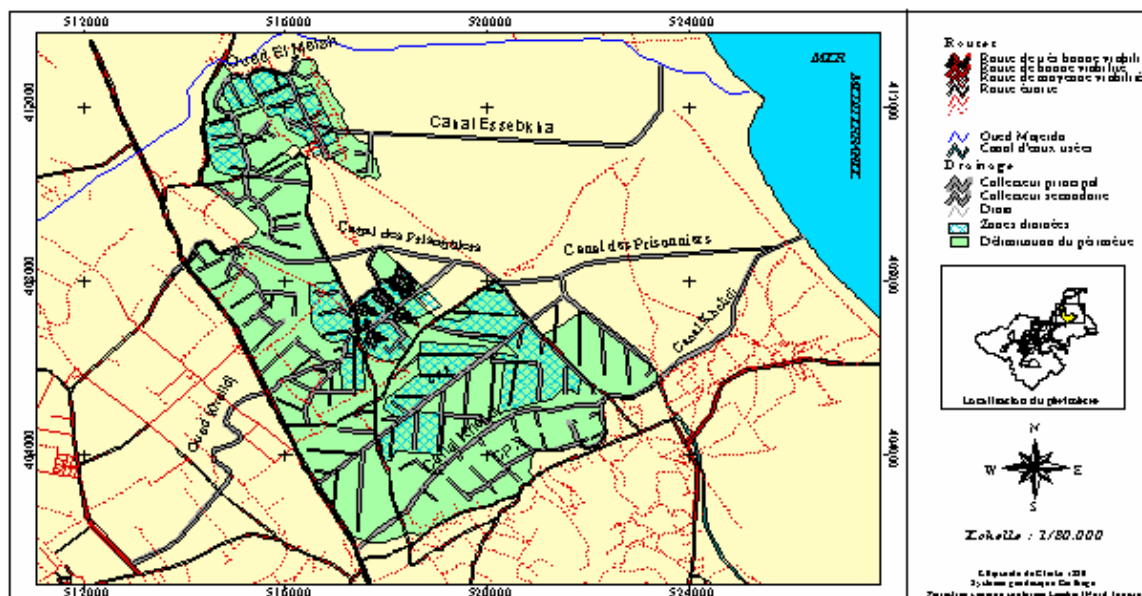


Figure 8. Réseaux de drainage du périmètre.

Les segments numérotés représentés sur la figure 10 sont des surfaces choisies aléatoirement par le Crda tous les deux ans pour effectuer un suivi statistique des campagnes agricoles sur la base de trois enquêtes par an. Ce sont six de ces segments qui ont été choisis pour les études de détail (exemple figure 11) : topographie fine, suivi des cultures, prospection pédologique et caractérisation rétractométrique et suivi satellitale (Niang, 2001) à l'occasion du projet.

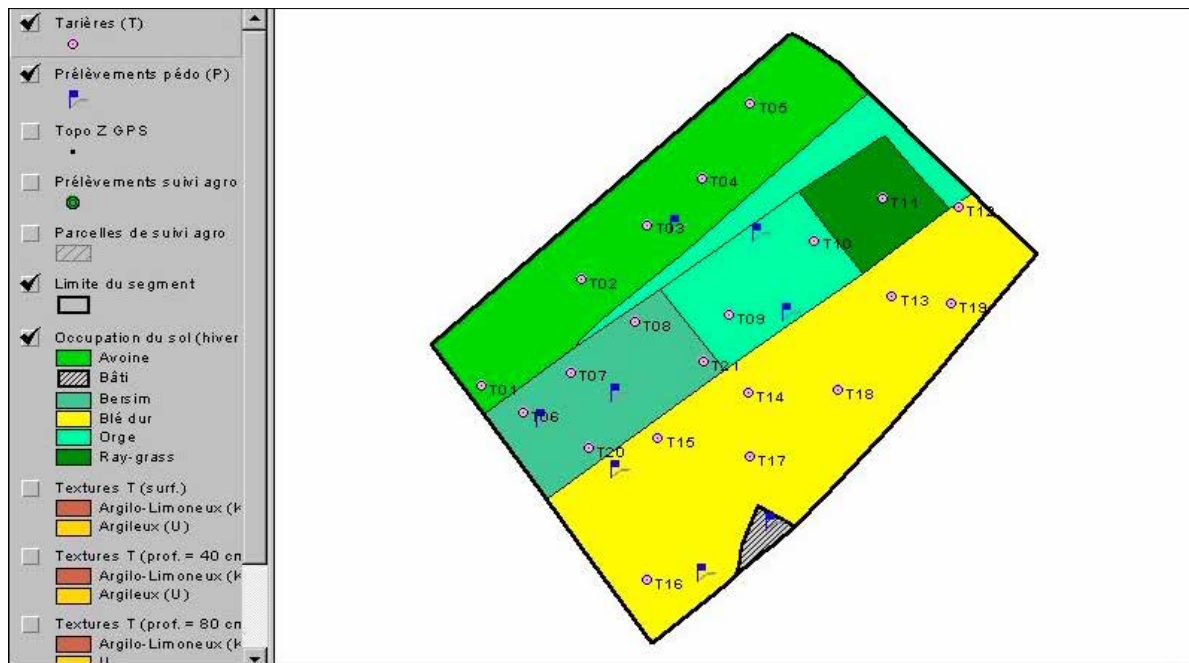


Figure 11. Segment 1301 ; toutes les observations sont à référence spatiale.

Enfin, le géoréférencement des piézomètres a été effectué (figure 12) ainsi que l'archivage des données relevées depuis 1995. Cela permet de traiter rapidement les données et de localiser très vite les zones à risque. De plus, le croisement de ces données, rendu possible par le Sirs, avec les informations sur la consommation d'eau aux bornes, les unités agronomiques associées etc., permettra d'en étudier et comprendre l'évolution.

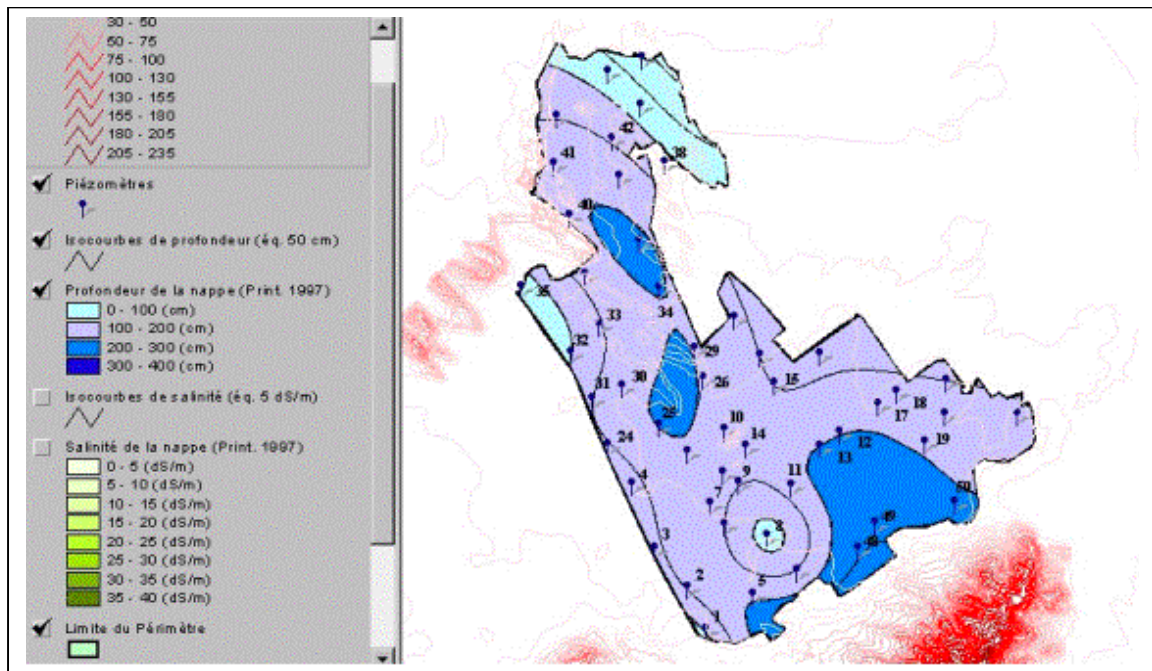


Figure 12. Traitement des données piézométriques par niveau de profondeur.

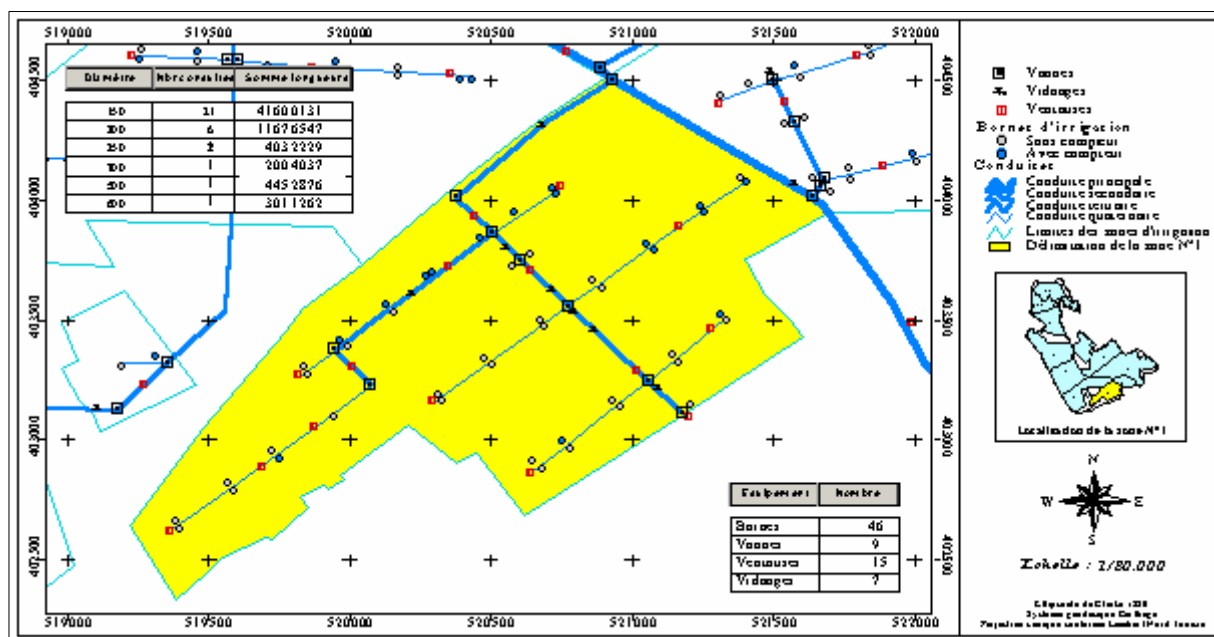


Figure 13. Exemple d'une zone hydraulique (n°1).

Chaque élément du réseau (bornes, ventouses, vannes) est spatialement référencé avec son identification, ses caractéristiques et son état de marche.

Les cartes pédologique et physiographique

Les cartes pédologiques et physiographiques dont des extraits sont donnés aux figures 14 et 15, sont des sorties graphiques (*lay-out* de projets Arc View) issues du Sirs-Sols du périmètre de Cébala. Les deux extraits représentent la même portion de la carte. On peut constater que les unités sont emboîtées ; les chiffres dans les unités de modelé réfèrent au matériau (nature, mise en place) et les lettres dans les unités de sol indiquent la classe texturale.

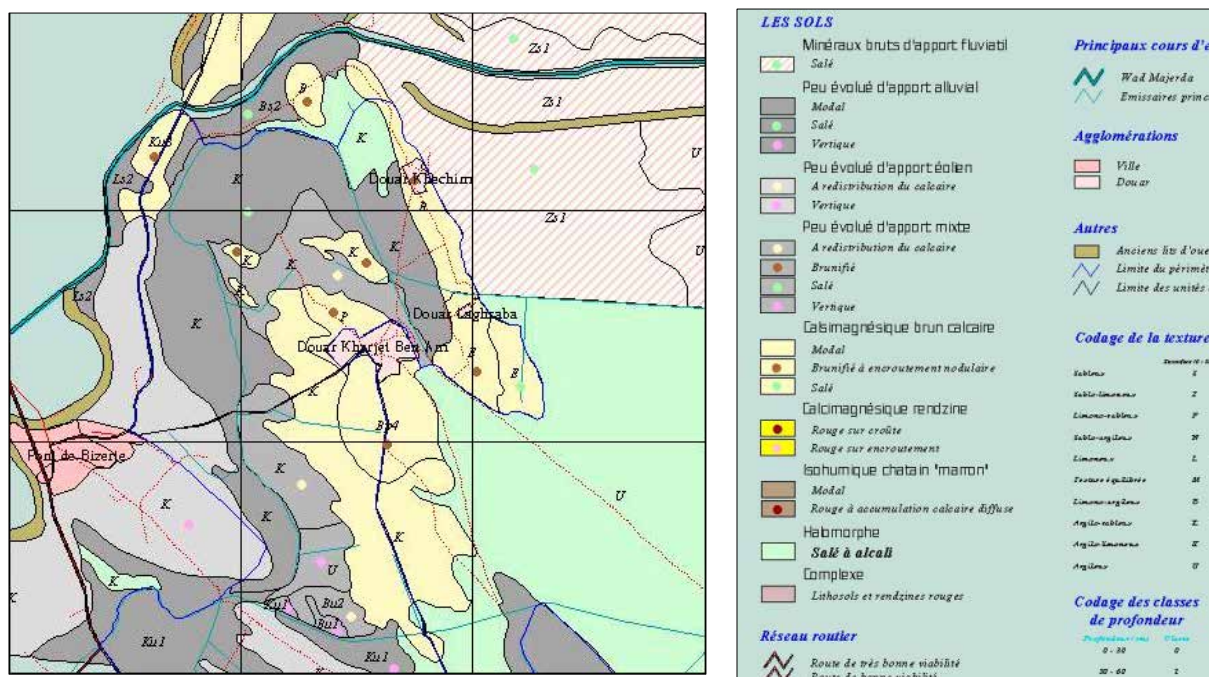


Figure 14. Extrait réduit d'une partie de la carte pédologique dressée au 1/20 000 et de sa légende.

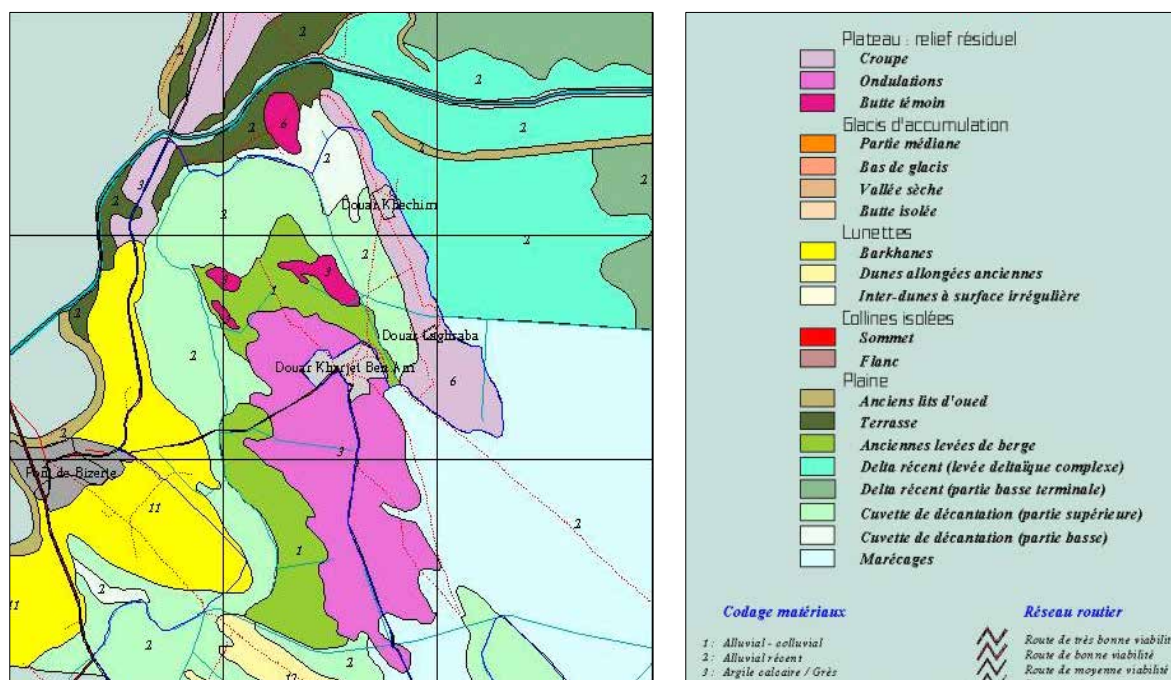


Figure 15. Extrait de la carte physiographique du périmètre irrigué de Cébala dressée au 1/20000.

Caractérisation pédohydrique des sols peu évolués d'apport

On ne peut donner ici qu'un exemple des résultats obtenus qui sont détaillés dans le n° spécial du Bulletin des Sols (Direction des sols, Ird, 2001).

Il s'agit d'une feuille de résultat rétractométrique concernant le sol peu évolué d'apport alluvial modal, sur matériau limoneux d'ancienne levée de berge. Les paramètres pour CropSyst sont donnés en bas de la feuille (figure 16).

Conclusion

Le Sirs-Sols est un assemblage compatible de deux « sous-Sirs » bien différenciés comme appartenant chacun à un modèle isomorphe du système général : [Homme-milieu naturel] et [Homme-milieu aménagé].

Le Sirs du milieu naturel donne des unités de sol qui, définies dans une structure emboîtée -relief, modelé, sols-, sont délimitées avec un minimum d'erreur et sont d'emblée caractérisées pédogénétiquement, selon deux des trois axes de description d'un objet dans l'approche systémique. En ce sens, la classifications pédogénétique des naturalistes est tout à fait justifiée et doit être conservée pour classer les unités de sol. Une méthodologie a été donnée ici pour effectuer ces délimitations en niveaux emboîtés à partir des anciennes cartes pédologiques dressées avec cette approche pédogénétique comme c'était le cas en Tunisie.

Ensuite, une caractérisation de ces unités sur l'axe fonctionnel est nécessaire pour pouvoir effectuer une modélisation agronomique de ces unités ; la texture est la donnée de base la plus courante dans les bases de données et actuellement la seule utilisée pour calculer les paramètres de fonctionnement hydrique du sol. On a montré cependant que la texture seule ne pouvait suffire et qu'il faut lui adjoindre des indicateurs du comportement hydrostructural du sol si l'on veut modéliser ses propriétés agronomiques de façon non empirique à partir des processus d'interaction eau-sol, aux niveaux des organisations internes du sol (agrégats, plasma). La courbe de retrait est susceptible d'être cet indicateur. Sa mesure en laboratoire, automatisée, a été standardisée au cours de ce projet et vient facilement compléter la méthodologie de réactualisation des cartes pédologiques anciennes qui a été donnée ici, pour obtenir un support d'informations pédologiques optimisé pour la modélisation agronomique du sol.

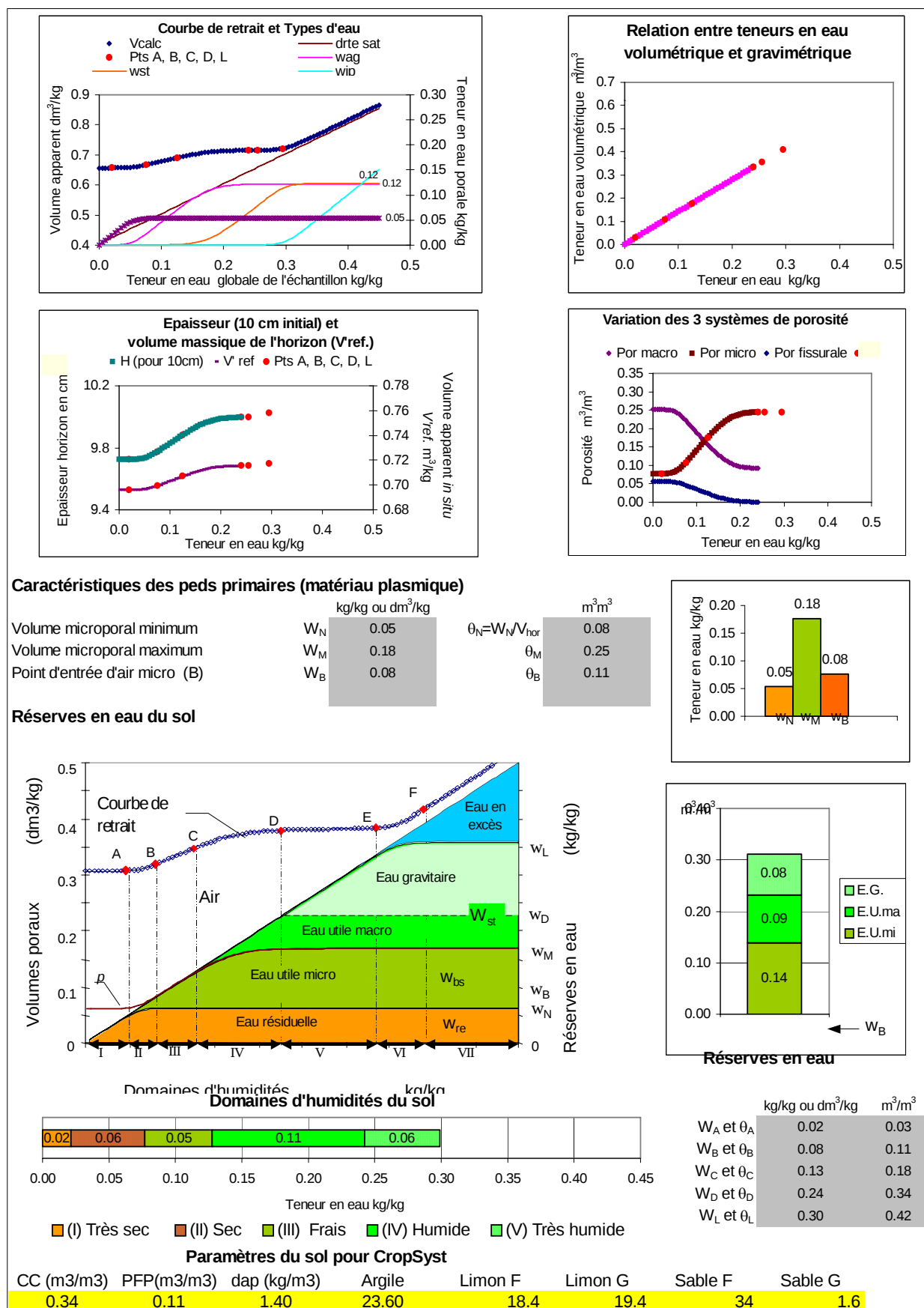


Figure 16. Exemple de feuille de résultats donnée par l'analyse rétractométrique à la Dir. des Sols.

L'intérêt d'avoir une telle mise en forme pédologique dans un Sirs qui contient aussi les niveaux de gestion et de surveillance du périmètre, est que le croisement des deux « sous-Sirs », du milieu naturel et du milieu aménagé, fournit l'unité agronomique de base [sol-parcelle]. Cette unité, commune aux deux Sirs (par ailleurs bien différenciés par application du système général), est l'unité de base à considérer dans les simulations agro-économiques envisagées à des niveaux d'échelle de gestion plus haut : le périmètre, la zone hydro-agricole etc. L'intégration d'un niveau à un autre se faisant grâce aux données cartographiques du Sirs éventuellement complétées par l'imagerie satellitale.

Le Sirs-Sols de Cébala bâti dans ce sens, a donc deux utilisations possibles :

- comme outil d'aide à la gestion, au contrôle et à la surveillance du périmètre : élaboration des rapports de situation, organisation des campagnes d'enquête, de vulgarisation etc. ;
- comme outil d'aide à la décision qui, s'associant à l'imagerie satellitale, permet une simulation optimale de la production agronomique du système, de son évolution etc. à plusieurs de ses niveaux de gestion.

Bibliographie

BELHOUCHE H., M. DONATELLI, E. BRAUDEAU, J. WERY, 2001. Test of a cropping systems model "CropSyst" in tunisian conditions. Poster session in 2nd international symposium "Modelling Cropping Systems" juillet 2001. Florence, Italie.

BARRUÉ-PASTOR M., MUXART T. 1992. Le géosystème : nature « naturelle » ou nature « anthropisée ». In Sciences de la nature Sciences de la société. Les passeurs de frontière. Ed. Marcel Jolivet. Paris, France, Cnrs Editions, p. 259-266.

BOUMA J., STORVOGEL J., VAN ALPHEN B.J., BOOTLINK H.W.G. 1999. Pedology, precision agriculture, and the changing paradigm of agricultural research. Soil Science Society of America Journal, 63 : 1763-1768.

BRABANT P. 1992. Pédologie et système d'information géographique. Comment introduire les cartes de sols dans les Sig ? Cahier Orstom, série Pédologie, 27 : 298-315.

BRAUDEAU E., DONATELLI M. 2001. Parameters estimation of the soil characteristic shrinkage curve. Poster session in 2nd international symposium "Modelling Cropping Systems", juillet 2001. Florence, Italie.

BRAUDEAU E. 1988a. Equation généralisée des courbes de retrait d'échantillons de sol structurés Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2, 307 (15) : 1731-1734.

BRAUDEAU E. 1988b. Essai de caractérisation quantitative de l'état structural d'un sol basé sur l'étude de la courbe de retrait Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série 2, 307 (18) : 1933-1936.

BRAUDEAU E. 1988c. Méthode de caractérisation pédohydraulique des sols basée sur l'analyse de la courbe de retrait Cahiers Orstom.Série Pédologie, 24 (3) : 179-189.

BRAUDEAU E., 1995. Caractérisation des propriétés hydrostructurales des sols. Tunis, Tunisie, Direction des Sols, Etudes Spéciales n° 283.

BRAUDEAU E., COSTANTINI J.M., BELLIER G. AND COLLEUILLE H. 1999. New device and method for soil shrinkage curve measurement and characterization. Soil Science Society of America Journal 63 : 525-535.

BRISSEON N., MARY B., RIPOCHE D., JEFFROY M.H., RUGET F., NICOLLAUD B., GATE P., DEVIENNE-BARRET F., ANTONIOLETTI R., DURR C., RICHARD G., BEAUDOIN N., RECOUS S., TAYOT X., PLENET D., CELLIER P., MACHET J.M., MEYNARD J.M., DELECOLLE R., 1998. STICS: A generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balance. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. Agronomie, 18 : 311-316.

CPCS,1967. Classification des sols. Commission de Pédologie et de Classification des Sols. Laboratoire de Géologie-Pédologie, Rapport. Paris, France, Ensa, 87 p.

DIRECTION DES SOLS-IRD, 2001. Un système d'information pédologique, le SIRS-Sols du périmètre irrigué de Cébala dans la Basse Vallée de la Mejerda. Bulletin des Sols, Numéro spécial. Tunis, Tunisie, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.

LEMOIGNE J.L., 1994. Le Système Général ou théorie de la modélisation. Paris, France, Presses Universitaires de France.

MCKENZIE N.J., JACQUIER D.J. AND RINGROSE-VOAD A.J. 1994. A rapid method for estimating soil shrinkage. Australian Journal of Soil research. 32 : 931-938.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE TUNISIE, 1965. Légende des cartes pédologiques et d'aptitude des sols aux cultures en sec et en irrigué utilisée en Tunisie. Tunis, Tunisie, Service Pédologique de la Direction HER du Ministère de l'agriculture.

MORI A., 1963, 1964. Cartes pédologiques au 1/25 000 de la Basse vallée de la Mejerda. Tunis, Tunisie, Direction des Sols.

MUXART T., BLANDIN P, FRIEDBERG C. 1992. Hétérogénéité du temps et de l'espace: niveaux d'organisation et échelles spatio-temporelles. In Sciences de la nature Sciences de la société. Les passeurs de frontière. Ed. Marcel Jolivet. Paris, France, Cnrs Editions, p. 403-425.

STOCKLE C.O., DONATELLI M., 1997. The CropSyst Model: A brief description. In: Plentinger, M.C. & F.W.T. Penning de Vries (Ed.). Rotation models for ecological farming. CAMASE/PE workshop report. Quantitative Approaches in Systems Analysis No. X. AB-DLO, Wageningen, The Netherlands p. 35-43.

TIETJE O. AND M. TAPKENHINRICHS, 1993. Evaluation of pedo-transfer functions. Soil Science Society of America journal, 57: 1088-1095.

ZIDI C. ET BRAUDEAU E. 1998. Le rétractomètre ; mode d'emploi et utilisation pour la caractérisation hydro-structurale des sols. Tunis, Tunisie, Direction des Sols, Etudes Spéciales n° 303.

Annexe

Appareillage de mesure de la courbe de retrait en continu, rétractométrie

L'appareillage et le protocole de mesure ont été décrits dans le numéro 303 de « Etudes spéciales » de la Direction des sols (Zidi et Braudeau, 1998). Les échantillons analysés standards sont des cylindres de sol reconstitués à partir de la terre fine (terre désagrégée doucement et tamisée à 2 mm).

Les cylindres de sol remaniés sont fabriqués très simplement à partir des échantillons de sol préalablement séchés et tamisés à 2 mm à la manière classique par le laboratoire des sols. C'est en effet le même échantillon tamisé à 2 mm qui sert pour les autres analyses physico-chimiques prévues pour ces sols (granulométrie, pH, CE, calcaire actif et total). Il est mis à humecter sur un bac à sable, sans le cylindre en PVC, pendant au moins 24 heures avant d'être placé dans le rétractomètre (figure 17) selon la procédure habituelle (E.S. 303). Toutes les minutes le plateau tournant dépose l'un des huit échantillons sur la balance et en même temps sous un rayon laser vertical (mesure de la hauteur) et un faisceau laser horizontal (mesure du diamètre).

Les courbes de retrait, $V = f(W)$, sont calculées et analysées par le logiciel « Carhys » qui détermine les paramètres pédohydriques, c'est-à-dire les coordonnées des points caractéristiques de la courbe de retrait qui sont les points de transition de phases de retrait (figure 17) A, B, D, D, E, F, appelés paramètres pédohydriques.

Travailler sur des échantillons de sol remaniés a plusieurs avantages dont le premier est d'obtenir toujours la même forme de courbe standard (figure 18) avec ses 7 phases de retrait. Cela s'explique par le fait que l'échantillon de sol remanié est un assemblage reconstitué d'agrégats inférieurs à 2 mm (terre fine) ; il correspond le mieux à la représentation du sol en assemblage d'agrégats primaires qui est à la base de notre modélisation (figure 19). On accède ainsi à une méthode qui, fournissant toujours le même jeu de paramètres, peut être considérée comme standard.



Figure 17. Unité de mesure de la courbe de retrait en continu (Direction des sols).

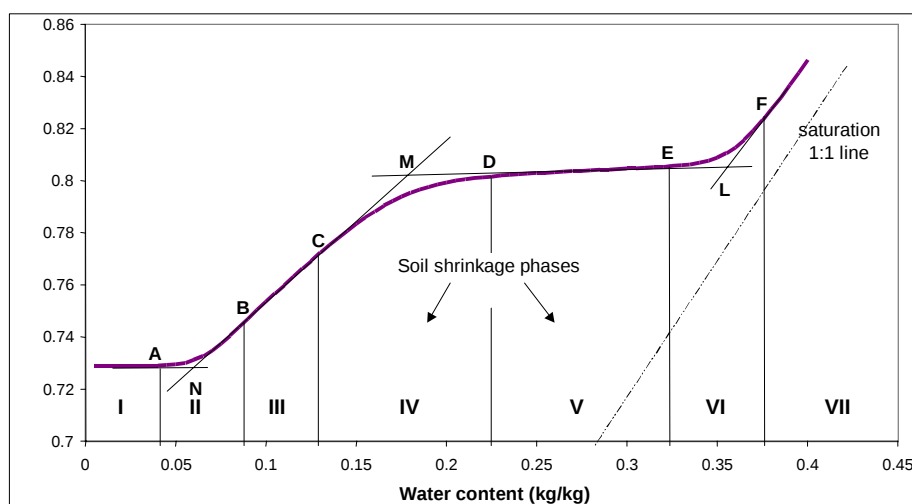


Figure 18. Courbe de retrait standard d'un échantillon de sol remanié. Les points A, B, C, D, E, F sont les points de transition des phases de retrait.

Les concepts de base pour l'interprétation de la courbe de retrait (Cr)

Le concept fondamental qui nous permet d'exploiter la Cr pour la caractérisation du fonctionnement interne de la structure d'un horizon de sol, est le concept de point d'entrée d'air dans le plasma argileux de l'organisation du sol (Braudeau, 1988 ; Braudeau et Bruand, 1993) : Ce point appelé point d'entrée d'air micro, est le point B de la courbe de retrait (figure 18), point de transition entre la phase de retrait normal et la phase de retrait résiduel, indiquant précisément le début de l'entrée de l'air dans le plasma argileux constituant les agrégats primaires (Braudeau et Bruand, 1993). Il est facilement déterminé sur les courbes de retrait mesurées en continu. C'est dire que la rétractométrie, mesure du retrait en continu, constitue de fait la seule méthode de mesure appropriée du point d'entrée d'air dans le plasma argileux sans avoir à détruire l'échantillon de sol (Braudeau et Bruand, 1993). L'identification de ce point spécifique particulier permet de différencier précisément le volume poral du plasma argileux du volume poral inter-agrégat et de les modéliser quantitativement en fonction de la teneur en eau. On peut dès lors poser le modèle fonctionnel de base de l'organisation interne du sol suivant.

La pédostucture

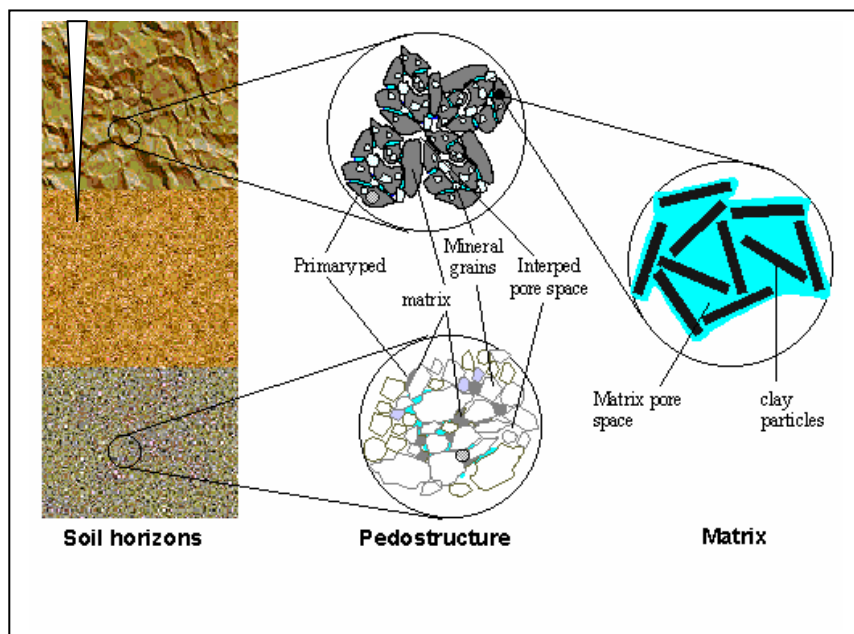


Figure 19. La pédostucture, modèle de l'horizon de sol en agrégats.

L'horizon de sol est organisé en mottes ou peds qui sont eux-mêmes formés de peds plus petits etc. jusqu'aux agrégats primaires et/ou sables du squelette. La « pédostucture » est l'assemblage des agrégats d'un horizon de sol, sans les fissures ou fentes de retrait qui apparaissent à la dessiccation. Les micromorphologues l'appellent fond matriciel, ou *fabric*. La courbe de retrait mesurée ici sur les cylindres de sol remanié représente le retrait volumique de la pédostucture en fonction de la teneur en eau. On considère donc deux systèmes de porosité bien définis et complémentaires, repérés grâce au point d'entrée d'air dans la microporosité (point B, figure 18) :

- le volume microporal Vp^{μ} et
- le volume macroporal Vp^m .

Un territoire irrigué, des acteurs dans un environnement en mutation

L'exemple de la zone de *Santa Rosa Pilahuin* en Equateur

Marie-Jeanne VALONY

Ird-Cnearc, 1101 ave Agropolis, BP 5098 – 34033 Montpellier Cedex 1

Résumé — Jusqu'en 1995, dans la zone de *Santa Rosa* (province de *Tungurahua*), les communautés d'irrigants des versants du volcan Carihuairazo arrosaient leurs terres à partir de quatre importants canaux anciens, dont le *Chimborazo*, devenu plus tard *Cunugyacu-Chimborazo*, qui traverse l'ensemble du territoire pour aller arroser des terres en aval à Huachi. En 1995, l'Etat équatorien décide d'enlever aux agriculteurs de la communauté métisse d'aval de *Huachi* leurs droits d'eau sur ce canal et les réalloue aux communautés indiennes d'amont. La décision de l'Etat équatorien n'est que la traduction d'une revendication des communautés indiennes qui souhaitent avoir des droits d'eau sur ce canal traversant leur territoire et qui avait été construit par la main-d'œuvre indienne en 1885. Cette décision est considérée comme juste par les communautés indiennes puisqu'elle leur donne des droits qu'elles avaient toujours réclamés. En procédant ainsi, le gouvernement équatorien ne laisse pas à la communauté métisse la possibilité de négocier un partage des droits d'eau avec la communauté d'amont et casse toute négociation entre deux communautés hostiles. La communauté métisse se sent dépossédée et aurait préféré que l'Etat n'intervienne pas. Le travail d'un groupe d'étudiants en formation en gestion sociale de l'eau a consisté à faire une analyse-diagnostic de la zone irriguée en identifiant les différents droits d'eau anciens collectifs et individuels, en produisant des cartes des différents chemins de l'eau, afin de permettre aux irrigants d'avoir des éléments de discussion et de négociation pour remettre cette ressource en bien commun et se la partager de façon équitable.

Abstract — **An irrigated area and stakeholders in a changing environment: the example of *Santa Rosa*, an irrigated zone in Ecuador.** In the *Santa Rosa* zone (*Tungurahua* province), up until 1995, communities of water users in the Carihuairazo volcano catchment areas irrigated their land using four major ancient canals including the *Chimborazo*—which later became the *Cunugyacu-Chimborazo*—which crosses the whole area to irrigate land downstream in Huachi. In 1995, The Ecuadorian State decided to remove the water rights that farmers in the mixed community downstream of Huachi had for this canal and to reallocate them to Indian communities upstream. The State decision is simply a reflection of the claims made by Indian communities who wanted water rights for this canal given that it crosses their land and was built by Indian labour in 1885. The Indian communities consider this decision fair because it gives them rights that they have always claimed. By proceeding in this way, the Ecuadorian government does not leave the mixed community the chance to negotiate a share of the water rights with the community upstream and it shatters all potential for negotiation between two hostile communities. The mixed community feels dispossessed and would have preferred the government not to intervene. The work conducted by a group of students studying the social management of water involved a diagnostic analysis of the irrigated zone. This included

producing maps of the different water courses in order to identify the different former collective and individual water rights on the basis of which water users can discuss and negotiate pooling this resource and sharing it fairly.

Cadre de l'étude

Entre 1986 et 1994, une équipe pluridisciplinaire (Projet Orstom-Inerhi¹) a étudié le fonctionnement de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes. Un inventaire des périmètres a permis d'estimer à 320 000 hectares la superficie arrosée par des canaux anciens d'envergure très variable par leur conception technique comme par leur composition sociale. Le centre et le nord de la Sierra constituent les régions les plus aménagées du pays avec des canaux construits du XVI^e siècle jusqu'au milieu du XX^e. Ces ouvrages d'irrigation continuent à fonctionner sous des formes de gestion collective variées, soit par des groupes d'agriculteurs métis, soit par des communautés paysannes indiennes et parfois avec l'imbrication des uns et des autres. La province du Tungurahua, où se situe notre étude, est une région d'approvisionnement en produits agricoles frais, pour l'ensemble du pays.

Plus précisément, le territoire de Santa Rosa, étudié par l'Orstom au début des années 90, est situé sur le versant du Carihuairazo et du Chimborazo (6 300 m d'altitude). Cette zone constitue alors un site de référence pour comprendre le partage de l'eau dans des situations de pression démographique extrême, 500 habitants au kilomètre carré agricole cultivé. Depuis 1995, les communautés paysannes indiennes et métis sont appuyées par deux organisations non gouvernementales Iedeca² et Cicda³ spécialisées dans l'intervention raisonnée sur l'irrigation communautaire. Le projet appelé Coricam (Conservacion de los recursos naturales y riego campesino en la cuenca alta del rio Ambato) est financé par l'Union européenne. Il consiste à promouvoir une gestion négociée des eaux du versant entre tous les acteurs, accompagnée d'un appui technique et économique pour la réhabilitation des canaux (Iedeca-Cicda, 1995), (figure 1).

En 1999-2000, la spécialisation « gestion sociale de l'eau » du Cnearc organise avec l'Ird à la demande du projet Coricam une étude sur le maillage hydraulique et la complexité des partages des eaux provenant de différents canaux. Il apparaît, en effet, un conflit d'usage de l'eau assez difficile à cerner aux premiers abords : une partie des habitants bénéficie depuis dix ans de la re-allocation de l'eau d'un des canaux les plus importants de la région, le canal Chimborazo. Pourtant, les infrastructures pour amener l'eau aux habitants n'ont d'abord pas été construites. Puis des agences extérieures ont financé la pose de canalisations souterraines en ciment ou en plastique sans que jamais ces ouvrages n'aient pu être connectés au canal principal (destruction en amont, insuffisance du développement des ramifications en aval). Sur le terroir de Santa Rosa, les terres sont irriguées par quatre canaux principaux (figure 2) (Ruf et Nunez, 1997).

- L'*acequia* Toallo fut construite en 1698. Elle irriguait au XVIII^e siècle les terres désertiques de la partie basse de Santa Rosa et Huachi. Actuellement l'*acequia* Toallo irrigue la partie haute de Santa Rosa (Angahuana) alors qu'un secteur aval conserve quelques droits anciens (El Quinche).
- L'*acequia* Chiquicahua est établie en 1849 pour compenser les pertes d'eau de l'*acequia* Toallo dans les terres sèches de Santa Rosa. En effet, il semble que dès cette époque, les utilisateurs d'amont à Angahuana s'approprient les eaux du plus ancien canal.
- Le canal *Cazimiro – Pazmiño* est construit à la fin du XIX^e siècle pour délivrer de l'eau dans la partie basse de Santa Rosa et Huachi.
- L'*acequia* Chimborazo établi lui aussi vers 1885 en conflit avec le canal précédant pour la captation des eaux du haut bassin et pour la compétition sur la délivrance de l'eau dans les zones basses.

1. Orstom : Organisme français de recherche devenu Ird, Institut de recherche pour le développement 1999. Inerhi : Institut équatorien des ressources hydriques.

2. Instituto de ecologia y desarrollo de las comunidades andinas.

3. Centre international pour le développement agricole.

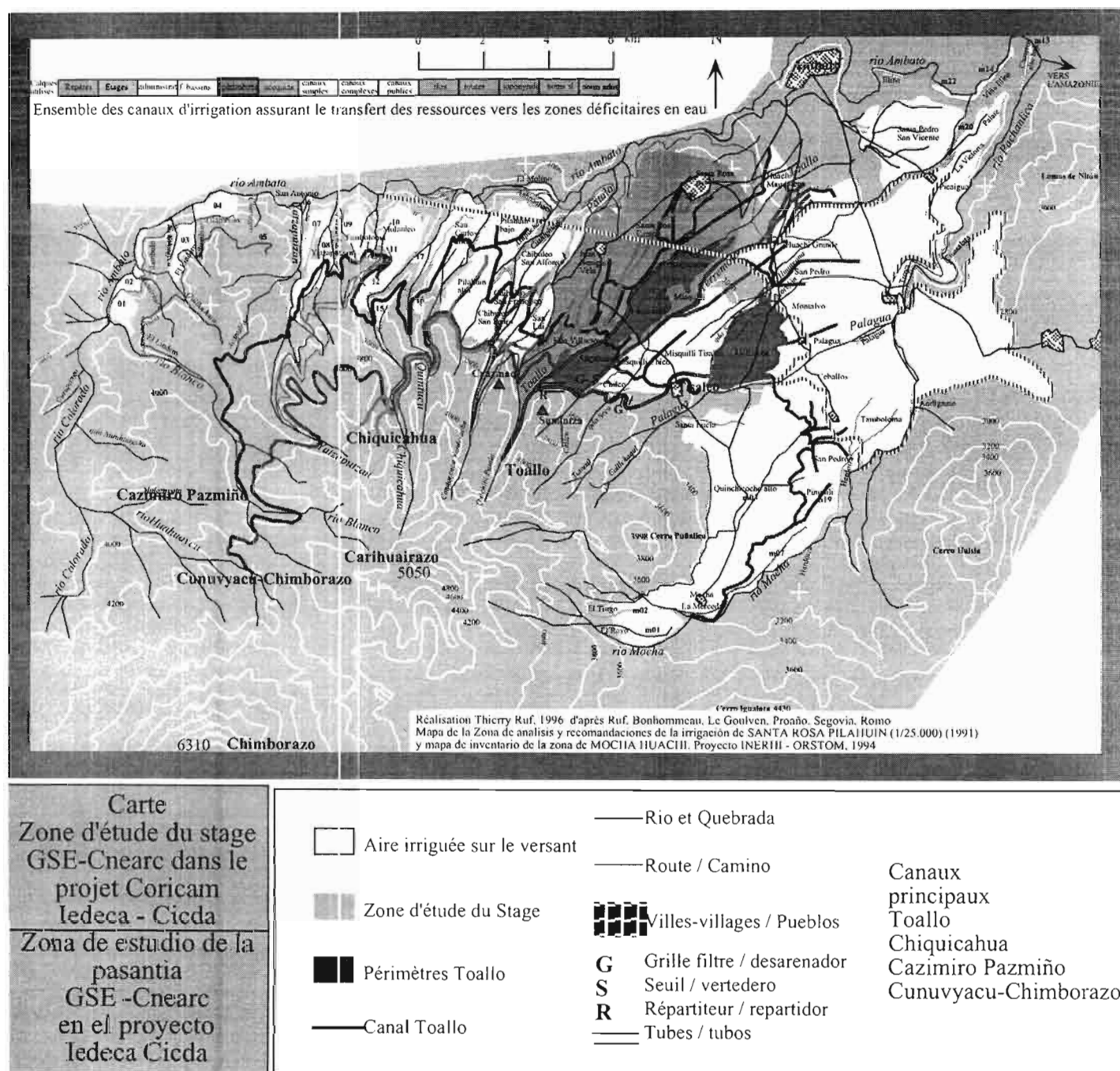


Figure 1. Zone d'étude du projet Coricam.

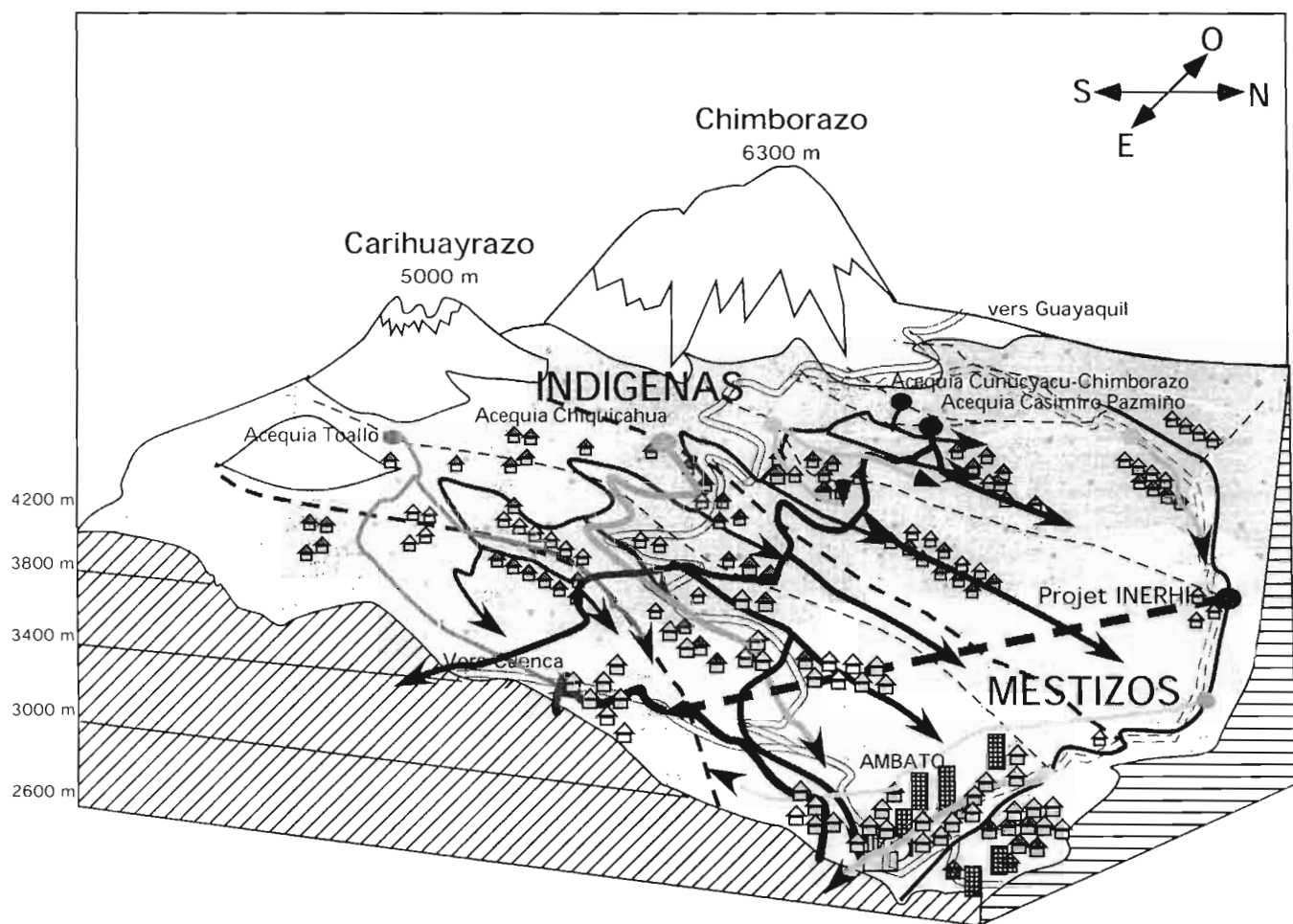


Figure 2. Représentation des canaux de la région irriguée de Santa Rosa (Thierry Ruf, 2002).

Le changement d'allocation de l'eau du canal Chimborazo

Le canal Chimborazo fut construit par un entrepreneur privé et comme les précédents, grâce à la main-d'œuvre indienne travaillant dans les haciendas. Celles-ci dominaient largement le système agraire au XIX^e siècle. Jusqu'en 1990, ce canal traverse les terres des communautés indiennes sans apporter aucune eau et va arroser les terres des communautés métisses de l'aval en particulier Huachi, zone de convergence historique de tous les canaux. Or, après avoir percé un tunnel et construit un cinquième grand canal en faveur des paysans métis de Huachi, l'Etat équatorien fait face à une demande en eau des indiens d'altitude et décide sous la pression paysanne en 1994 d'enlever aux agriculteurs de Huachi leurs droits d'eau sur ce canal. Après divers arbitrages, l'Etat réalloue le débit du canal aux communautés d'amont de Santa Rosa, Juan Benigno Vela, Pilahuin.

Comme le symbole de l'appropriation nouvelle du canal par les communautés indiennes, l'*acequia* Chimborazo change de nom et devient le canal *Cunucyacu – Chimborazo*. Dans cette même période, les systèmes de production de la zone amont sont en pleine mutation et les Indiens cultivent des espèces fruitières de rente (mûres) qui demandent davantage d'eau. *Huachi*, zone de paysans métis, est pour des raisons historiques fortement opposée à la zone en amont peuplée de communautés indiennes. Les paysans métis se sont sentis dépossédés des droits anciens et auraient préféré que l'Etat n'intervienne pas. Dans la mesure où ils constataient que les eaux du canal ne leur parvenaient plus à cause de cette demande croissante en eau en altitude, les associations locales et les métis auraient préféré négocier eux-mêmes la vente des droits d'eau aux communautés indiennes d'amont.

Les familles indiennes adoptent les modes d'organisation des paysans métis avec une exploitation familiale et des structures collectives de coordination de la gestion de l'eau. Leur position sur le versant des montagnes se révèle stratégique au plan des relations locales vis-à-vis des métis. La gestion des *acequias* fait apparaître un nouvel équilibre des rapports de force entre les communautés métis situées généralement à l'aval des canaux et les communautés indiennes plutôt à l'amont.

La découverte de l'architecture du réseau dans son ensemble

Les étudiants de la formation « Gestion sociale de l'eau du Cnearc⁴ » ont cherché à comprendre quelles étaient les répercussions de cette nouvelle dotation en eau sur l'organisation sociale et hydraulique du territoire de Santa Rosa.

Le territoire étudié fait partie du terroir densément peuplé, compris entre les torrents de *Patalo* et *Terremoto* réparti de chaque côté de l'axe central de la *quebrada Toallo* avec, en amont, quatre communautés indiennes : *Angahuana* et *Misquilli* en marge droite, et *Apatug* et *Quatro Esquinas* en marge gauche ; en aval, une communauté indienne et métisse intermédiaire *El Quinche* et une communauté métisse *El Carmen*. Plus de 3 000 familles y vivent et accèdent à l'eau selon des modalités très complexes, car il existe de multiples combinaisons de droits d'eau selon les canaux et leurs règlements.

Dans chaque communauté, les principaux chemins de l'eau ont été relevés (parcours, enregistrement au Gps, création d'un Sig), des entretiens ont été menés avec les paysans, les responsables de groupes (*cabildo*). Ce travail a permis de comprendre le maillage de distribution des canaux anciens et comment l'apport de la *Cunucyacu* était intégré au maillage ancien (figure 3). La figure 4 représente une schématisation des communautés dont les limites correspondent aux interfluves des torrents et des canaux.

L'étude de suivi des chemins de l'eau montre que le versant n'est pas simplement organisé en six périmètres d'arrosage correspondant aux communautés d'usagers des canaux anciens. En réalité, on distingue une centaine de quartiers hydrauliques avec des accès à l'eau très spécifiques (figure 5). Chaque quartier a environ une trentaine d'hectares et regroupe 50 à 100 familles qui n'habitent pas forcément le même hameau. Au cours des années, les communautés bénéficiant d'un droit sur le même canal se sont éclatées du fait des héritages et des achats de terres.

4. Cnearc : Centre national d'études agronomiques des régions chaudes.

Ce stage fut organisé en collaboration avec l'Ird, le Cicda et l'Iedeca, avec les étudiants Gse de la promotion 1999 : Benzaza T., Cabaret D., Cadet S., Chabaud F.X., Dhiver V., Gout C., Nguyen S., Yen L. et les encadrants : L. Bazin, Aris ; J. Bourliaud, Inra ; Th. Ruf, Ird ; M.J. Valony, Cnearc.

A l'intérieur de chaque maille, les règles de distribution sont différentes. Dans certains cas, l'eau revient dans les quartiers toutes les semaines à des heures fixes, dans d'autres cas, l'eau va de quartiers en quartiers, d'usagers en usagers et ne revient que lorsque tous les usagers ont été servis. En fonction de la distance du partiteur aux parcelles, les agriculteurs sont obligés d'employer de la main-d'œuvre importante pour surveiller l'eau sur tout son trajet. Les coûts de l'irrigation peuvent être très élevés et semblent être ignorés dans les évaluations économiques de l'irrigation traditionnelle. L'organisation sociale de l'irrigation constitue un capital social qu'il est nécessaire de prendre en compte en intégrant également les dimensions territoriales du réseau et les dimensions historique de la formation des droits et accès à l'eau.

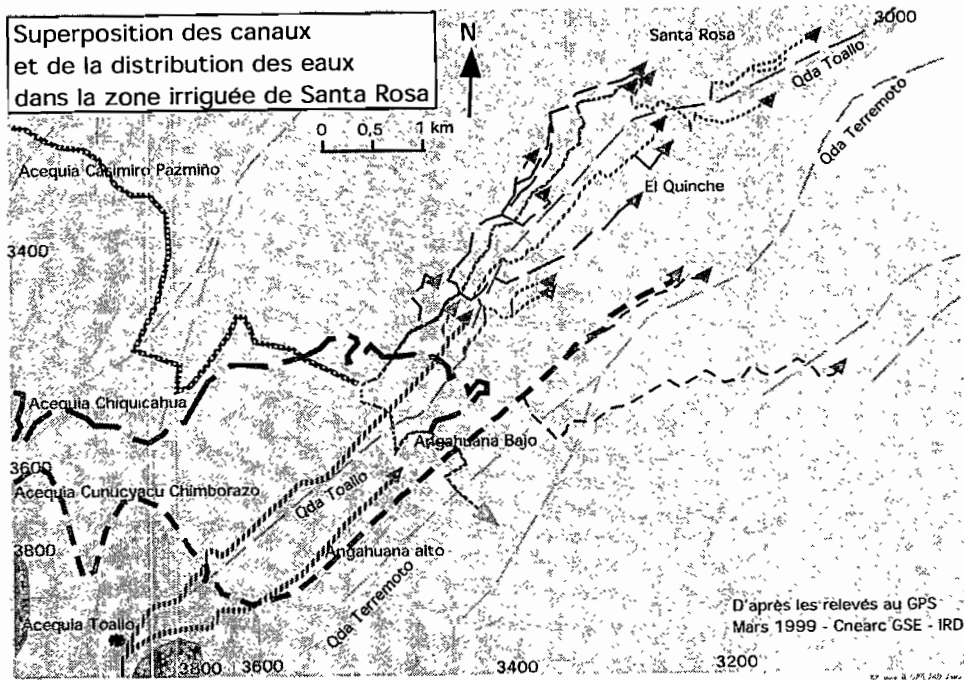


Figure 3. Superposition des canaux et de la distribution des eaux dans la région irriguée de Santa Rosa.

Disposition Amont Aval des différentes communautés
Versant de Santa Rosa Pilahuin

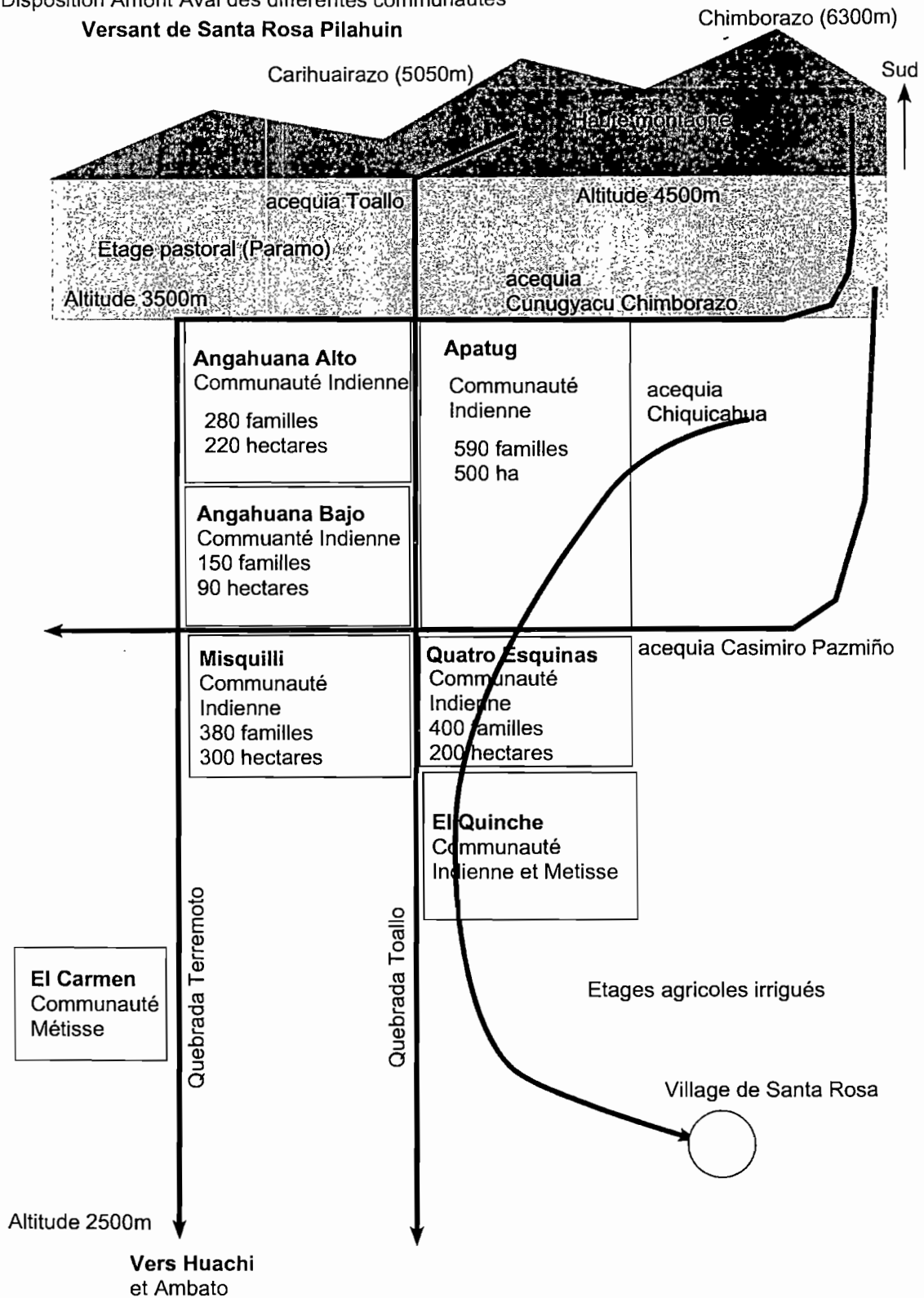


Figure 4. Les secteurs de la zone de Santa Rosa étudiés sur le versant du Carihuairazo.

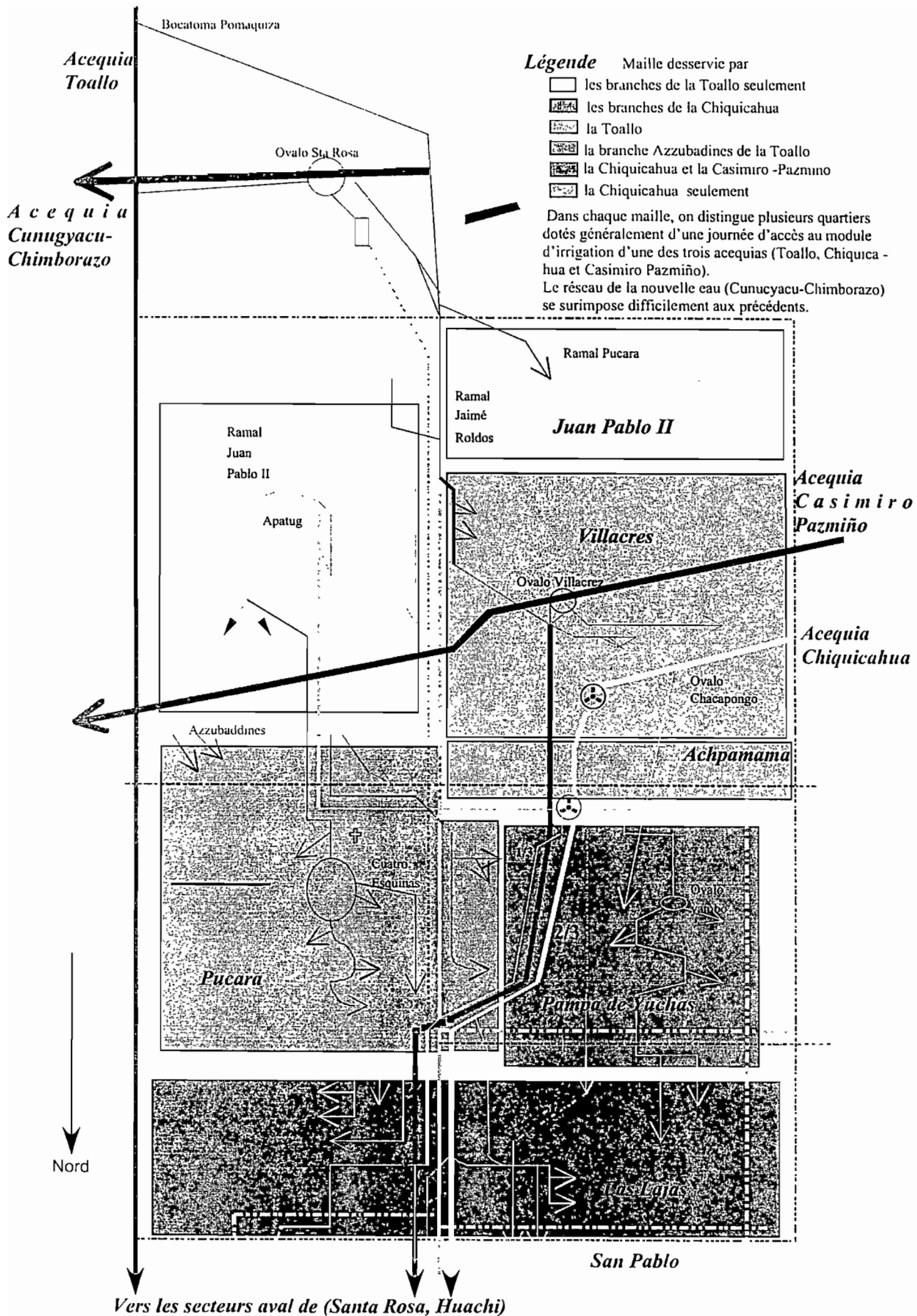


Figure 5. Détail des quartiers et mailles hydrauliques pour les seuls secteurs d'Apatug et Cuatro Esquinas.

Complexité du système de répartition de la « nouvelle eau » de *Cunuyacu –Chimborazo*

Pour une même ressource, une multitude de droits et de modes de distribution

La première constatation est que le territoire d'*Apatug* et *Cuatro Esquinas* ne bénéficie pas de l'eau de la *Cunuyacu Chimborazo*. En effet, ce canal délivre de l'eau aux groupes de paysans qui ont soutenu la lutte pour la récupération des droits. Le territoire d'*Angahuana Alto*, *Angahuana Bajo* a des droits sur ce canal mais ce sont ceux qui ont participé aux « *mingas*⁵ » qui en ont. Les accords entre les bénéficiaires de la nouvelle eau ont du mal à s'appliquer. L'eau transite par endroit dans les canaux existants : par les branches de la *Toallo* à *Angahuana Alto y Bajo* puis par la *Chiquicahua*, et la *Casimiro Pazmiño* à *El Carmen*, ce qui se traduit par la superposition des horaires de la *Cunuyacu* et la *Casimiro*. Les usagers de la *Casimiro* voyant l'eau de la *Cunuyacu* passer devant leur parcelle, la prélèvent même si elle ne leur est pas destinée. De plus, dans chaque quartier certaines personnes sont reconnues comme ayants droit, d'autres non. Les raisons de cette exclusion sont diverses : non-participation à la lutte pour l'obtention des droits, existence d'une autre *acequia* pour l'irrigation de la parcelle. Les groupes de gestion de la nouvelle eau ne correspondent pas aux groupes de gestion des anciens canaux. Afin de répartir cette nouvelle eau, les comités de lutte ont défini 11 ensembles pouvant recevoir une quantité déterminée du débit du canal.

L'avant-dernier ensemble, celui de *El Quinche* (figure 6) organisé en *junte*, se voit attribuer 15 l/s. Ce faible débit doit se répartir entre 13 groupes indiens et métis qui ont revendiqué leurs droits au travers de procédures judiciaires. En théorie, deux branches ont été définies pour recevoir alternativement l'eau par quinzaine (70 heures). Chaque groupe, dispose d'une tranche horaire sur la quinzaine, dans une répartition qui a été négociée. En principe chaque *cuadra* (0,7 ha) doit recevoir les 15 l/s pendant 1 heure. Le total des droits des deux quinzaines porte sur 500 ha dans les 3 000 ha de la zone de *Santa Rosa*. En théorie, le système semble cohérent mais, en pratique, il est très difficilement applicable du fait même de la superposition de réseaux, mais aussi des droits d'eau et des rapports de force entre les divers groupes d'usagers.

Diversité institutionnelle et rivalités d'usages

Les travaux collectifs ou *mingas* et la redevance sont généralement pratiqués pour toutes les *acequias* par les différentes communautés, mais le prix de l'eau varie d'une *junte* à l'autre dans des rapports de 1 à 60.

L'accès communautaire (droit identitaire)

Sur l'*acequia Chiquicahua* qui fut construite en 1849 pour compléter l'apport d'eau à *Santa Rosa*. La *junte* paroissiale de l'époque, gère le canal sous un mode communautaire les 2/3 du débit et, vendait l'autre tiers aux groupes de paysans (*terceristas*) ayant participé à la construction du canal. Ces recettes ont servi à la maintenance du canal et à payer les aiguadiers. En principe, tous les groupes ou communautés qui ont participé à la construction disposent de droits d'eau pour le quartier où ils irriguent, les *terceristas* payant un droit octroyé. Aujourd'hui, la distribution est différente suivant que l'on est dans un quartier recevant l'eau des 2/3 ou l'eau du 1/3.

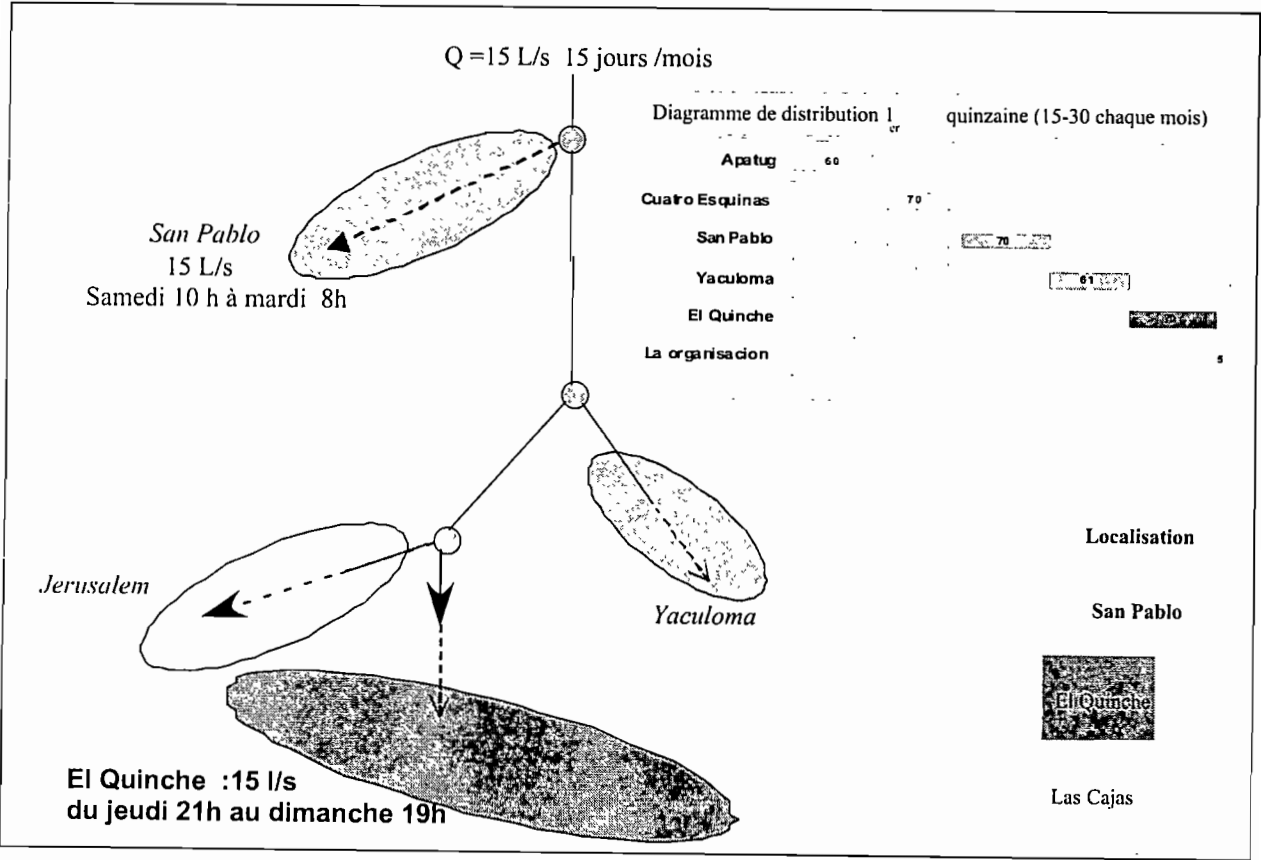
L'accès associatif (droit d'eau acheté)

Le canal *Casimiro Pazmino* a été créé aussi pour apporter de l'eau supplémentaire à la partie basse de *Santa Rosa*. D'abord privé, ce canal est passé en gestion par association où chaque usager a un droit d'eau acheté. La faillite du gestionnaire privé au début des années 30 avait incité l'Etat équatorien à formaliser la gestion à base d'associations d'usagers reconnues. Les ayants droit sont répartis diversement dans cette partie basse de *Santa Rosa* selon que leurs ancêtres ont ou non participé financièrement au

5. travaux collectifs de construction du canal.

capital. Même si on parle « d’eaux achetées » (*aguas compradas*) en réalité les eaux ne font pas l’objet de transactions comme sur un marché de l’eau. Le droit est attaché à la parcelle et la répartition de l’eau se fait à heure fixe et fréquence fixe dans le tour d’eau.

La loi sur l’eau du 18 mai 1972 interdit toute forme d’appropriation de l’eau et de commerce puisqu’elle a décrété que l’eau est un bien national à usage public. Toutefois, il arrive que les usagers s’arrangent entre eux, entre petits quartiers hydrauliques pour se céder de l’eau, mais le transfert de la dotation en eau d’un quartier à un autre est très difficile, car il faudrait surveiller les divers chemins de l’eau empruntés pour éviter que les prélèvements se produisent.



- ⊥ Ouvrage de répartition par tranche horaire avec totalité du débit
- Maille hydraulique
- > Conduite sous pression enterrée en cours de réalisation
- Conduite sous pression enterrée

Figure 6. Répartition théorique de la nouvelle eau » de Cunuguacu-Chimborazo à El Quinche (aval u réseau).

L'accès politique (droit d'eau obtenu par concession auprès de l'administration)

La zone d'*El Carmen* (essentiellement métisse), en 1990 négocia, une concession sur le canal *Chimborazo* sans aide financière pour la construction des canaux. La construction de la branche s'est faite grâce aux *mingas*. Elle aurait permis de forcer la décision de l'*Inerhi* de leur accorder cette concession. Du fait de leur position très à l'aval, l'eau parvient très difficilement à cause des fuites (canal en terre) et des vols. De plus, les différents canaux sont équipés de façon très hétérogène, certains canaux sont bétonnés ou busés d'autres non. Un même canal peut être bien équipé sur une partie de son trajet et très mal sur un autre.

L'accès désordonné à la nouvelle eau supposée réglée par des artifices techniques (les tuyaux)

Le groupe des détenteurs des droits de la *Chimborazo* a saisi l'opportunité de l'aide d'une Ong pour créer un nouveau réseau de distribution souterrain de tuyaux pour alimenter les quartiers où se trouvent les détenteurs de droits. Cette réalisation s'est faite avec un don de la Swiss Aid sans aucune condition ni étude préalable. Les tuyaux existent, mais le raccord n'est pas fait car les utilisateurs de l'amont s'y opposent. En effet, la mise en conduite enterrée ne plaît pas à certains usagers d'amont puisqu'elle les prive de certains usages comme le prélèvement illicite ou tout simplement l'usage du canal comme l'eau de lavage des productions (carottes) provenant des champs attenants. En réalité, sept ans après l'attribution de la nouvelle eau, les modalités concrètes d'allocation et de distribution de l'eau du canal *Cunuyacu* n'ont pas été fixées et la contestation est toujours vive.

Conclusion

Dans une situation si complexe où, les usagers n'ont pas mis en place d'autorité pour arbitrer les litiges, les groupes inter ou intra communautaires utilisent leurs pouvoirs en se faisant concurrence et vont jusqu'à utiliser l'aide extérieure (les Ong) pour obtenir ce qu'ils souhaitent. Les opérateurs privés ne sont pas non plus intéressés par une privatisation de l'eau, dans un maillage est si complexe.

Au moment de l'étude, le réseau ne fonctionnant pas dans son intégralité, les agriculteurs d'amont avaient pris l'habitude de servir de cette ressource non encore limitée et accessible. Or comme la zone de *Santa Rosa* se trouve dans la situation où l'Etat n'intervenant plus, le secteur privé ne voit pas l'intérêt d'investir dans l'eau agricole, les communautés s'entredéchirent.

On peut s'attendre à un fonctionnement plus individualiste des producteurs indiens ou métis si cette situation (multi règles et multi modes de partage de la ressource) perdure. Il n'existe pas de ressource souterraine, mais un certain nombre de réservoirs individuels existent pour pallier les aléas d'approvisionnement en eau. Ceux-ci seront-ils gérés collectivement ?

La mise en place de tuyaux est un échec et le travail des Ong *Ideca* et *Cicda* s'oriente vers une médiation de conflits entre groupes pour constituer une répartition équitable de cette nouvelle eau.

Bibliographie

ACOSTA-SOLIS M., 1980. Ambato visto desde la conquista y síntesis de la provincia de Tungurahua, Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales n°120. Quito, Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, 66 p.

BENZAZA T., CABARET D., CADET S., CHABAUD F.X., DHIVER V., GOUT C., NGUYEN S., YEN L., 1999. Rapports du stage de gestion sociale de l'eau à Santa Rosa Equateur. Montpellier, France, Cnearc, Ird.

BRIOT C., 1996. Projet de conservation des ressources naturelles et d'irrigation paysanne dans le haut bassin du Rio Ambato (CORICAM) 20/05/96.

CASTILLO Jacome J., 1990. Historia de la provincia de Tungurahua Pio XII, 8 tomes.

- CICDA, 1995. Conservation des ressources naturelles et irrigation paysanne dans le Haut Bassin du Rio Ambato. Projet d'appui aux associations d'irrigants et organisations paysannes des Paroisses de Pilahuin, Juan Benigno Vela, Santa Rosa, Hauchi et Tisaleo, 31 p.
- CISNEROS I., 1996. El riego campesino y el proceso de modernización. Quito, IEDECA/CICDA, 2^a edición, 55 p.
- FAO, 1975. Rapport de la FAO sur la structuration des canaux d'irrigation de la zone de Pilahuin-Santa Rosa. Banque Mondiale-Fao, Rome, 22/75 ECU.102, 100.
- GARCÉS P., 1989. Proceso de la creación de la villa de San Juan de Hambato Pio XII, 70 p.
- HADJAJ H., 1998. Gestion de l'eau au sein du périmètre irrigué du canal de la Toallo dans les Andes équatoriennes. Etude sur le périmètre de la Toallo Alobamba : communautés de Alobamba, Huachi, Montalvo Alto, 86 p.
- IEDECA, 1999. Proyecto CORICAM. Conservación de Recursos Naturales y Riego Campesino en la Cuenca Alta del Rio Ambato. Informe Anual 1998, 29 p.
- IEDECA-CICDA, 1995. Analisis social y técnica del riego en 2 comunidades, 14 p.
- IEDECA-CICDA, 1994. Diagnostico socioeconómico del sistema agrario bajo riego de las parroquias de Pilahuin, Benigno Vela, Santa Rosa, 30 p.
- INAMHI. Données pluviométriques journalières à Pilahuin (Tungurahua) 1975 – 1985.
- INERHI. Données météorologiques journalières de Sta Rosa El Quinche 1985 – 1988.
- JORGE A., GARCÉS G., 1955. Libro rojo de la ciudad de San Juan de Ambato 1698. Quito Editorial Fray Jodoco Ricke, 100 p.
- MARCHAND L., 1996. Estudio de la organización del riego y del uso del agua en la zona del Proyecto CORICAM (caso de El Quinche y de Chibuleo San Francisco), 72 p.
- MARCHAND L., 1994. L'irrigation gravitaire en zone traditionnelle. Etude au niveau de la parcelle et du bloc hydraulique, 42 p.
- MARTÍNEZ A., 1983. Monografía científica de la provincia del Tungurahua Imprimerie gouvernementale, Quito, 46 p.
- MONTALVO J-F., REYES O.E, 1928. Cuesta La provincia de Tungurahua en 1928. Raza Latina, Ambato, p. 271 à 285.
- MOSCOSO F., 1893. Cuadro sinoptico de la provincia del Tungurahua Imprimerie de Tungurahua, Ambato, 34 p.
- NÚÑEZ Pablo E., URCELAY Juan V., 1992. Analisis histórico de la problemática del riego en la provincia de Tungurahua, Pontificia universidad católica del Ecuador. Quito, Pontificia universidad católica del Ecuador, 148 p.
- ORSTOM-INERHI. Archives de la banque centrale d'Ambato: Les procès de l'eau 1988-1989, 220 p.
- ORSTOM-INERHI. Listes des usagers et des droits d'eau de Santa Rosa de l'INERHI et des juntas pour les mêmes époques.
- ORSTOM-INERHI, 1988. Listing des tours d'eau sur différentes mailles hydrauliques à différentes époques des périmètres d'irrigation de la région de Santa-Rosa, 132 p.
- RUF T et al., Mapa de los sistemas de riego de la zona de Santa Rosa y Pilahuin 1/25 000. Quito, INERHI-ORSTOM.
- RUF T, NÚÑEZ P., 1997. La lucha por el agua en la provincia de Tungurahua (Ecuador) : Compatir los recursos, un reto de tres siglos, un desafío para el siglo XXI en la zona de Santa Rosa –Pilahuin. 49° Congreso Internacional de Americanistas. Simposio : Las aguas que fluyen, las aguas que gotean, las luchas por el control de un recurso vital. Quito , 7-11 de julio 1997.

UGARTE J., 1947. Breve monografía de la provincia del Tungurahua. Ambato, p. 7 et p. 40.

VIARD E., 1996. Sierra Equatoriale. Etude par l'usage du sol en altitude. ORSTOM /IEDECA. Mémoire ISTOM, 60 p.

ZAHARIA H., 1995. Diagnostico socioeconomico del sistema agrario bajo riego de las parroquias de Huachi, Santa Rosa, Juan Benigno Vela, Pilahuin, y del canton Tisaleo. IEDECA/CICDA ? Proyecto CORICAM, 82 p.

Conclusion

Sidi Mohamed SECK

Isra, BP 240 Saint-Louis, Sénégal

Eau et irrigation : de la ressource naturelle au « construit » technique et social

Depuis des âges forts anciens et encore de nos jours, les hommes cherchent « à dompter la nature », à utiliser les ressources naturelles, à se les approprier et à définir des règles d'accès, mais également d'exclusion.

Comparativement à la plupart des ressources « en accès commun », l'eau à travers l'irrigation a connu très tôt des formes diverses de contrôle à son accès, du fait de la mise en œuvre de moyens et de techniques plus ou moins élaborées, à des échelles plus ou moins vastes, pour sa captation, son contrôle, son transport et sa distribution. L'irrigation est le produit d'un construit, à la fois technique et social.

Avec l'irrigation se sont développés très tôt des systèmes de gouvernance de l'eau, avec des « institutions » au sens d'Elinor Orstrom pour en organiser et en réglementer l'accès et l'usage.

Si l'irrigation sous toutes ses formes peut se résumer à grand trait comme une domestication de l'eau aux fins d'une production agricole au sens large, son histoire révèle :

- d'une part, que les institutions et les modalités de gestion de l'eau qui lui sont attachées, sont extrêmement complexes et variables selon les communautés, leur histoire et leurs caractéristiques sociétales ;
- d'autre part, que ces institutions sont très évolutives avec des trajectoires qui sont loin d'être linéaires.

Institutions et gestion de l'irrigation : quelques déterminants des évolutions

On peut identifier au moins quatre principaux facteurs qui sont à la base d'évolutions des institutions et des modalités de gestion de l'irrigation :

- l'évolution au sein de la société elle-même (structures, rapports de force internes, besoins, consommation...) qui peut être brutale, violente ou au contraire procéder d'étapes transitionnelles et être démocratique ;
- l'évolution des techniques (qu'elles procèdent d'ajustements successifs internes, d'emprunts ou de transferts) : qu'il s'agisse de techniques de captage, de transport, de distribution de l'eau ou de techniques de cultures... ;
- les changements d'états de la ressource (changement quantitatif : raréfaction de l'eau en cas de sécheresses, abondance, crues violentes, relèvement des lignes d'eau lors de séquences humides, ou qualitatif : pollution, contaminations diverses ;

– l'évolution des champs institutionnels et économiques dans lesquels peuvent se trouver inséré un espace irrigué (un barrage construit en amont va déterminer une nouvelle situation pour l'aval ; insertion du périmètre à travers ses productions dans l'économie de marché...).

Ces facteurs peuvent se combiner pour induire ou accélérer une évolution des institutions et de la gestion de l'irrigation. Un de ces facteurs peut avoir pour effet l'émergence de l'un des autres facteurs ou l'amplification de ses effets : par exemple, la raréfaction de l'eau peut amener à changer le type de réseau (passer de canaux gravitaires à des conduites sous pression) et induire de nouvelles règles ; des changements ou des conflits au sein de la société peuvent conduire à modifier le mode de gestion du réseau en procédant à un affermage ou à une privatisation du service de l'eau...).

Questionnements et perspectives

De la confrontation des différentes expériences présentées par les communications et des principaux résultats des discussions, il se dégage un certain nombre d'acquis et de similitudes, mais également des différences significatives, tenant à l'histoire, au capital social des communautés et à des contraintes économiques qui suscitent de nombreuses interrogations, offrant dans un cas comme dans l'autre, matière à discussions ainsi que des perspectives en matière de recherche et de recherche-développement.

Les institutions se façonnent dans la durée

Les enseignements tirés de l'étude des systèmes anciens (Inde, Pyrénées orientales, Catalogne et Andes) révèlent très nettement la nécessité d'un apprentissage et d'ajustements successifs dans l'irrigation et la mise en place des institutions. Le temps long et la prise en compte des spécificités sociétales, en particulier, semblent indispensables. Cela contraste très fortement avec les situations décrites au Mali, en Tunisie et au Maroc. L'irrigation, en plus d'y être récente, est marquée par la prégnance de l'Etat, la création d'associations d'usagers comme intermédiaires entre paysans et structures étatiques et la standardisation des règles et modalités de gestion de l'irrigation.

On observe un « façonnement » des institutions dans les systèmes anciens, tandis qu'on assiste à un « montage » d'institutions soumises à une marche forcée.

Aussi on peut s'interroger : si le temps long est indispensable au façonnement d'institutions adéquates, où vont mener les trajectoires actuelles des systèmes irrigués récents (nés sous l'impulsion directe de l'Etat) et quels infléchissements imprimer à ces trajectoires ?

Conditions d'émergence des associations d'usagers de l'eau : des handicaps de départ dans des pays du Sud

Les changements qui s'observent au plan des institutions et de la gestion de nombreux périmètres irrigués (Afrique de l'ouest, Tunisie, Maroc, Haïti...) sont nés sous la contrainte des mesures d'ajustement structurel préconisées par les Institutions financières internationales, avec le désengagement obligé de l'Etat. Les usagers organisés souvent du haut en unions, associations ou autres « ont été responsabilisés ». Dans la réalité, la responsabilisation apparaît comme un transfert de fonctions et de charges visant à alléger les dépenses publiques. Après la suppression des subventions, faire payer une redevance aux usagers est aujourd'hui un des principaux objectifs de la responsabilisation.

A la différence des associations d'usagers des pays du nord, à l'exemple des Asa du sud de la France, les associations d'usagers dans la plupart des pays du Sud, héritent de périmètres à la conception desquels ils n'ont pas participé, conception généralement définie à l'origine pour une gestion publique centralisée.

Comment dans ces conditions, définir des règles qui soient propres à ces associations ? Vu les conditions historiques d'émergence de ces périmètres et surtout leur conception technique avec des équipements souvent surdimensionnés par les concepteurs, le bon sens n'impose-t-il pas un partage (à négocier) des charges récurrentes entre usagers et pouvoirs publics ?

Quelles perspectives peut offrir pour ces périmètres et usagers (Unions, Av, Aic, Aue...), l'exemple (au plan institutionnel et des subventions) de l'« autogestion d'un service public par des usagers » comme c'est le cas des Asa ?

Renforcement des capacités des usagers par des coopérations professionnelles et décentralisées

Le « capital social » apparaît aujourd'hui comme un facteur déterminant dans l'efficacité des institutions et de la gestion des périmètres. Faute de pouvoir s'inscrire dans le temps long pour les périmètres africains au sud comme au nord du Sahara (besoins alimentaires croissants, pression des bailleurs, dettes à rembourser...), la coopération professionnelle et la coopération décentralisée offrent des perspectives pour améliorer à travers un transfert de compétences et un renforcement des capacités des organisations d'usagers du Sud. L'expérience de coopération entre Asa du Lot et Auea marocaines, laisse apparaître des pistes intéressantes dans ce sens, étant entendu que l'irrigation n'est pas seulement une question de technique.

Comment développer de telles coopérations directes entre organisations professionnelles et comment mesurer leur efficacité ? Quelles démarches adopter et comment éviter qu'elles ne reproduisent les mêmes tares, dépendances et déviations connues dans les coopérations publiques intergouvernementales.

Confronter prescriptions des techniciens et pratiques sur le terrain : revisiter les méthodes de diagnostic

La démarche de diagnostic employée auprès des Auea de la N'Fis (Maroc) par une équipe d'étudiants français et marocains, offre du point de vue des deux questionnements précédents un intérêt particulier pour une compréhension des pratiques et des attentes des usagers dans les périmètres, aux fins d'une réévaluation des prescriptions et institutions définies sur les périmètres par les agences de gestion de l'irrigation.

De la participation des usagers

Tous, y compris les institutions financières internationales et les divers bailleurs de fonds, s'accordent aujourd'hui sur la nécessaire « participation paysanne » ou « participation des usagers de l'eau » pour un développement durable de l'irrigation (*Participatory Irrigation Management - Pmi* -). Les expériences sur le terrain montrent que cette participation, unanimement prônée est loin d'être une réalité. Dans la plupart des cas, les associations d'usagers ont été créées par nécessité pour, d'une part, structurer les usagers dans la perspective du transfert des charges et fonctions jadis assumées par l'Etat et créer, d'autre part, des interfaces ou des courroies entre des agences dont les effectifs ont été drastiquement réduits et les paysans à la base.

Les pratiques sur le terrain prennent en défaut au quotidien les discours sur la participation. L'autoritarisme des agences et de l'encadrement se manifeste encore sous des formes diverses et pour l'essentiel au sein des périmètres, la police est davantage exercée par les agences que par les associations (retrait de parcelles au Mali, coupure de l'eau à la borne dans les Aic...).

Les contraintes et facteurs d'inertie observés qui limitent une participation réelle des usagers sont nombreuses. D'un côté, on note les pesanteurs sociales reproduites aux seins de ces associations, l'opacité de leurs règles de fonctionnement ou la faiblesse de la démocratie interne, de l'autre apparaissent les résistances au changement des offices de mise en valeur, des sociétés régionales et des services déconcentrés de l'Etat.

La satisfaction des besoins de formation, les échanges d'expériences et la mise en place de programmes d'appuis institutionnels, apparaissent aujourd'hui comme des mesures indispensables pour le renforcement des capacités des usagers et associations en vue du développement de leur participation et de l'amélioration de leurs institutions et capacités de gestion de l'irrigation. Des efforts sont également indispensables en direction du personnel des offices de mise en valeurs et des agents des services déconcentrés, qui doivent accepter que leur rôle a changé et que le nouveau partage de responsabilités avec les paysans et usagers, induit subséquentement une nouvelle répartition des pouvoirs.

Des systèmes d'information et d'aide à la décision : de la « socialisation » de ces outils

La complexité du fonctionnement des périmètres irrigués et la diversité des acteurs impliquent aujourd'hui, pour en améliorer la gestion et les performances, de disposer et de traiter une multitude d'informations, pour améliorer la gestion et les performances de l'irrigation, coordonner les actions des différents acteurs et faciliter leur négociation et prise de décision. Les systèmes d'information

géographique, les systèmes multi-agents et autres semblent s'imposer comme des outils utiles dans ce sens. Dans bien des cas, on peut se demander à qui sont-ils concrètement destinés ?

Le décalage qui existe entre la conception et le fonctionnement de ces outils et les niveaux de formation des usagers, conduit à s'interroger sur leur appropriation par les usagers (que ces outils doivent aider dans leur prise de décisions) et sur leur pérennité (continuité de la collecte et du traitement de l'information, fonctionnement et maintenance des équipements).

Pour que des réponses pertinentes soient apportées au niveau même où les problèmes sont posés et vécus, les interrogations sur la socialisation et l'utilisation de ces outils par les usagers eux-mêmes doivent être prises en charge par les recherches menées pour la mise en place de ces systèmes d'informations.

Viabilité et compétitivité de l'irrigation

La viabilité des périmètres irrigués est une question que les bailleurs de fonds posent de plus en plus, singulièrement dans les pays où l'irrigation est d'introduction récente avec des systèmes par pompage et des itinéraires techniques à fort contenu d'importation. Les accords régionaux (Union européenne, Afrique de l'Ouest : Cdeao...) ou internationaux (Omc) et l'ouverture des marchés avec la mondialisation font que les paysans de tous les pays sont progressivement tous en compétition sur le marché mondial. La rareté des capitaux et le coût élevé du loyer de l'argent, les insuffisances en matière de gestion de l'eau (la gestion de l'offre est encore prédominante), la prédominance de cultures céréalières (faible valeur ajoutée) et le temps qui leur est compté (impossibilité de s'inscrire dans le temps long) pénalisent fortement le développement et la compétitivité de l'irrigation dans beaucoup de pays du Sud.

Il est cependant à noter que les conditions climatiques et la croissance de la demande alimentaire nationale rendent l'irrigation incontournable et ne laissent pas d'alternative aux politiques agricoles de ces pays. S'il est indispensable d'améliorer dans ces pays, les institutions et les modes de gestion de l'irrigation pour en accroître les performances, il est tout aussi indispensable, comme cela s'observe dans beaucoup de pays, notamment du Nord (exemple des Asa), de soutenir l'irrigation et les irrigants par des subventions.

Apports de la simulation pour l'aide au choix d'un système tarifaire sur les périmètres irrigués

Pierre-Yves LE GAL^{*}, Thierry RIEU^{**}, Roberto GARCIA^{**}, Charles FALL^{*}, Erwin DE NYS^{***}

^{*}Cirad-Tera, TA 60/15 73, rue Jean-François Breton, 34 398 Montpellier cedex 5, France

^{**}Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

^{***}Katholieke Universiteit, Leuven, Belgique

Résumé – Le choix d'un système tarifaire représente une décision stratégique pour un gestionnaire de périmètre irrigué, dans la mesure où il conditionne la durabilité de l'outil de production collectif et la façon dont les agriculteurs vont utiliser la ressource en eau. La théorie économique souligne la complexité de ce choix, tant du fait de la diversité des principes à prendre en compte que des solutions possibles. Cet article présente une démarche d'aide au choix tarifaire expérimentée avec des gestionnaires de périmètre sur deux situations contrastées, le delta du fleuve Sénégal (Sénégal) et la région de Petrolina-Juazeiro (Brésil). Après avoir rappelé les bases théoriques fondant ce travail, nous décrivons l'outil de simulation développé. Basé sur trois modules (fonction de coût du gestionnaire, fonction de revenus des agriculteurs et système tarifaire), il permet d'évaluer les conséquences d'un scénario tarifaire donné sur l'équilibre budgétaire du gestionnaire et les revenus des agriculteurs, regroupés en types. L'utilisation de cet outil est illustré sur les deux cas d'étude, avec une analyse des réactions des acteurs aux résultats qui leur ont été soumis. Les intérêts et limites de cette démarche sont présentés en conclusion, ainsi que les perspectives offertes par ce premier travail.

Abstract – How simulation can help in the selection of a tariff system for irrigated areas. As far as managers of irrigated areas are concerned, the choice of a tariff system is a strategic one, insofar as it determines the durability of the tool of collective production and how farmers use the water resource. The economic theory underlines the complexity of this choice, both in terms of the diversity of the principles that need to be taken into account and the possible solutions. This article presents an approach that can help managers choose a tariff system. It has been tried and tested with the managers of two contrasting irrigation systems: the river Senegal delta (Senegal) and the Petrolina-Juazeiro region (Brazil). We present the theoretical bases for this study and then go on to describe the simulation tool that was developed. On the basis of three modules (a function of the manager's cost, farmers' incomes and the tariff system), it is possible to evaluate the consequences of a given scenario on the manager's financial balance and the farmers' incomes (which are classified into types). Two case studies are used to illustrate the application of this tool, with an analysis of how the stakeholders reacted to the results that were presented to them. The value and limitations of this approach and the potential of this preliminary research are presented in the conclusion.

Introduction

La gestion du service de l'eau sur un périmètre irrigué entraîne un ensemble de dépenses immédiates et futures, que l'organisation gestionnaire cherchera à recouvrer auprès de ses clients agriculteurs à travers la mise en place d'un système tarifaire. Les choix à opérer sont d'ordre stratégique dans la mesure où ils conditionnent, d'une part, la capacité du gestionnaire à atteindre l'équilibre budgétaire et à pérenniser les investissements hydrauliques sur le long terme, d'autre part, le type d'incitations à mettre en place vis-à-vis des producteurs, tel qu'une réduction des consommations en eau ou une évolution vers des spéculations valorisant mieux la ressource au plan économique.

Ce choix n'est pas aisé car il suppose de nombreuses connaissances préalables : (i) que soient quantifiés les postes de dépense sur un horizon pluri-annuel, notamment les charges d'entretien et de renouvellement des infrastructures ; (ii) que des hypothèses soient faites sur le comportement des agriculteurs, tant en termes de paiement de la redevance hydraulique que d'évolution de leur demande en eau et (iii) que soit évaluée la faisabilité du système proposé en termes de ressources à mobiliser en termes d'information, de main-d'œuvre et de capital. De plus, le gestionnaire dispose d'un large éventail de structures tarifaires possibles, dont les avantages et contraintes doivent être soigneusement évalués au regard des objectifs visés.

Pour aider les gestionnaires dans ce choix, une voie consiste à simuler les effets de différents systèmes tarifaires sur l'équilibre budgétaire du périmètre et les revenus des agriculteurs. L'objectif est alors de fournir aux gestionnaires, aux représentants de la collectivité et des agriculteurs impliqués dans le choix d'une tarification, des éléments plus objectifs d'information pouvant alimenter une discussion collective et un processus de négociation.

Partant d'un rappel du rôle de la tarification de l'eau sur les périmètres irrigués, de ses principes et d'expériences d'application, cet article décrit la structure d'un outil de simulation utilisé sur deux exemples, au Sénégal et au Brésil. Les intérêts et les limites de la démarche proposée sont discutés en conclusion.

La tarification du service de l'eau dans les périmètres irrigués : principes

Cadre général

Les politiques économiques appliquées à la gestion de l'eau visent en général à atteindre trois grands objectifs :

- l'efficacité, qui a trait à la fonction de production (production au moindre coût et sans gaspillage, pour une qualité donnée du service de distribution d'eau) et à l'allocation de la ressource garantissant une maximisation du bien-être général ;
- l'équité, qui est fortement liée au contexte social et culturel ; l'acceptation la plus large consiste à allouer l'eau conformément aux droits de l'ensemble des usagers ;
- la durabilité, qui, pour l'irrigation, concerne à la fois la ressource en eau et les infrastructures de mobilisation et de distribution de l'eau, ainsi que les systèmes de production agricole.

La réalisation de ces objectifs est étroitement liée aux trois types d'acteurs intervenant dans la gestion des ressources en eau et des périmètres irrigués :

- la collectivité, représentée par l'Etat et ses services publics qui se portent garants de l'intérêt collectif pour l'utilisation de la ressource (aspects environnementaux, notamment) et des fonds publics (durabilité et participation aux investissements) et pour les aspects sociaux (équité notamment) ; certains de ces objectifs relevant de la collectivité, sont parfois délégués aux gestionnaires au travers de lettres de mission de manière à ce qu'un gestionnaire soit conduit à dépasser les stricts objectifs d'un producteur d'eau ; c'est le cas des Sociétés d'aménagement régional en France ou des offices (Ormvah) au Maroc ;
- les usagers, pour qui l'eau est une consommation intermédiaire du processus de production agricole irriguée et intervient dans la formation de leur revenu ;
- le gestionnaire du périmètre irrigué, dont l'objectif est au minimum d'atteindre l'équilibre budgétaire, voire de réaliser un profit pour les entreprises de gestion privées.

Pour atteindre ces objectifs, ces acteurs ont recours aux instruments économiques, dont la tarification est le plus employé, conjointement ou non avec les quotas ou les marchés de l'eau, car il permet de recouvrer les coûts du service auprès des usagers. Mais il peut devenir un outil incitatif, qu'il s'agisse d'économiser l'eau pour atteindre une gestion équilibrée de la ressource ou d'intensifier l'agriculture irriguée pour atteindre des objectifs nationaux de sécurité alimentaire ou d'équilibre budgétaire du gestionnaire. Le prix, signal du marché, est censé fournir aux usagers une mesure de la rareté de la ressource en eau et déclencher un comportement évitant le gaspillage. L'intérêt des instruments est alors à évaluer face aux objectifs de chacun des agents.

Principes théoriques

Deux principes fondent la construction d'une tarification, tout en coexistant fréquemment en pratique. Le premier correspond à une logique d'offre : celle-ci est augmentée grâce à la création de nouveaux ouvrages de mobilisation et le coût du service est réparti entre les usagers. Le second correspond à une logique de demande : le tarif est calculé en fonction du consentement à payer de l'utilisateur, mesuré par la variation de surplus économique, procuré par l'irrigation. Définir une tarification comprend le choix de principes, d'une structure et d'un niveau de prix en fonction des objectifs que la collectivité choisit d'atteindre.

La tarification en fonction de l'offre

La mise à disposition d'eau d'irrigation auprès des usagers induit des coûts supportés par l'ensemble des acteurs, qu'ils soient directement liés à la production d'eau et à sa distribution, ou externes et non pris en compte par les acteurs économiques. On limitera l'approche au lieu de livraison de l'eau, en général la borne ou le bord de la parcelle irriguée. Par suite, les coûts privés internes aux exploitations agricoles (matériel, main-d'œuvre,...) ne sont pas pris en compte. Le fondement théorique de la tarification appliquée peut être le coût moyen ou le coût marginal.

- La tarification au coût moyen représente le système tarifaire le plus employé dans le domaine de l'eau, du fait de sa simplicité de mise en œuvre. En effet, le gestionnaire se limite à atteindre l'équilibre budgétaire en répercutant les dépenses courantes de l'année précédente. Par contre, ne tenant pas compte de la demande, (i) il ne donne pas aux usagers de signal indiquant le niveau d'utilisation des capacités de production, et (ii) il ne s'ajuste ni aux variations de demande d'une année à l'autre, ni à celles de l'offre à plus long terme. Ne permettant pas d'atteindre l'optimum, c'est-à-dire un bien-être collectif maximal, ce mode de tarification est réputé inefficace. La théorie préconise une tarification au coût marginal.
- La tarification au coût marginal se fonde sur le théorème de Pareto, selon lequel l'optimum est obtenu, du point de vue de l'intérêt général, quand le coût de production d'une unité supplémentaire d'eau (coût marginal) devient égal à la valeur du prix que l'utilisateur est disposé à payer pour obtenir cette dernière. Le prix traduit alors, pour le consommateur, la rareté relative du produit. Ce type de tarification est relativement délicat à mettre en place et ne s'observe que pour des aménagements où les ouvrages de mobilisation et de distribution de l'eau ont des durées de vie élevées et nécessitent des programmes d'entretien répartis dans le temps. Le gestionnaire se place alors dans une perspective de long terme, qui l'amène à appliquer une tarification au coût marginal de long terme. L'actualisation est introduite pour tenir compte des dépenses réparties dans le temps.

La tarification en fonction de la demande

La tarification est établie en fonction de l'accroissement de surplus apporté par l'irrigation aux agriculteurs. Le surplus est défini comme le gain psychologique (Picard, 1992) résultant de la différence entre (i) le prix maximal que l'individu est prêt à déboursier pour ne pas se passer de telle quantité d'un bien et (ii) le prix effectivement payé pour disposer de cette quantité.

La tarification peut être différenciée selon le type de cultures irriguées (cultures pérennes, maraîchage, grandes cultures) dès lors que l'élasticité de la demande par rapport au prix de l'eau d'irrigation varie selon la culture. Celles qui conduisent à une faible élasticité de la demande par rapport au prix se verront appliquer un tarif plus élevé, et inversement. L'objectif global de ce type de tarification est, pour le gestionnaire, d'accroître sa recette totale tout en tenant compte de la demande des usagers.

Les tarifications de type socio-politique se rattachent à cette catégorie. Ainsi, la dispersion du parcellaire équipé sur un territoire induit des coûts de raccordement élevés. Une application du principe de recouvrement des coûts conduirait à une augmentation du prix de l'eau et défavoriserait les usagers les plus éloignés et l'activité économique globale. En mettant en place un système de solidarité conçu sur une péréquation entre zones, l'aspect économique devient une contrainte de second rang. Il s'agit alors d'un contrat social passé entre une communauté d'agriculteurs et la collectivité.

En pratique, les tarifications utilisées réalisent en général un compromis entre une tarification calculée à partir de l'offre et de la demande des usagers. Elle sont également diversifiées allant de tarifications classiques au coût moyen à des tarifications plus élaborées, telles qu'une tarification au coût marginal de long terme ou optionnelle. Les tarifs peuvent être aussi modulés suivant la zone géographique de desserte, et être adaptés aux différentes structures.

Les structures tarifaires

La gamme de structures tarifaires est très large et s'appuie, en irrigation, sur différentes assiettes (figure 1).

- La surface équipée : la tarification est forfaitaire par hectare. Elle est souvent adoptée dans les systèmes gravitaires où l'offre est peu contrôlée ou lorsque le gestionnaire cherche à garantir son niveau de recettes.
- La surface irriguée : la tarification est également forfaitaire par hectare, mais varie en fonction des surfaces réellement mises en culture et irriguées. Un système de collecte de l'information correspondante doit être mis en place au pas de temps annuel ou à un pas de temps inférieur si plusieurs cycles culturaux ont lieu au sein d'une même année.
- La quantité d'eau consommée : la tarification peut être uniquement proportionnelle, en fonction du volume d'eau consommé, binôme simple, en prenant en compte à la fois la surface irriguée et la consommation, ou par paliers, avec des tarifs différents selon la quantité d'eau consommée. Elle est souvent utilisée pour les réseaux sous-pression.
- D'autres biens (intrants ou produits agricoles) : la tarification est alors réalisée par le biais de taxes sur la production ou sur les intrants autres que l'eau. Ce système a pour principal inconvénient d'être indirectement incitatif à l'économie d'eau, et même de présenter des effets inverses à ceux recherchés : une taxation sur la production peut inciter les agriculteurs à produire plus et donc à consommer davantage d'eau pour atteindre un revenu minimum.

Le choix d'un système tarifaire dépendra des objectifs recherchés et des variables mesurables pour le calcul de la redevance, en ayant en tête quelques éléments touchant aux avantages et inconvénients de chacun.

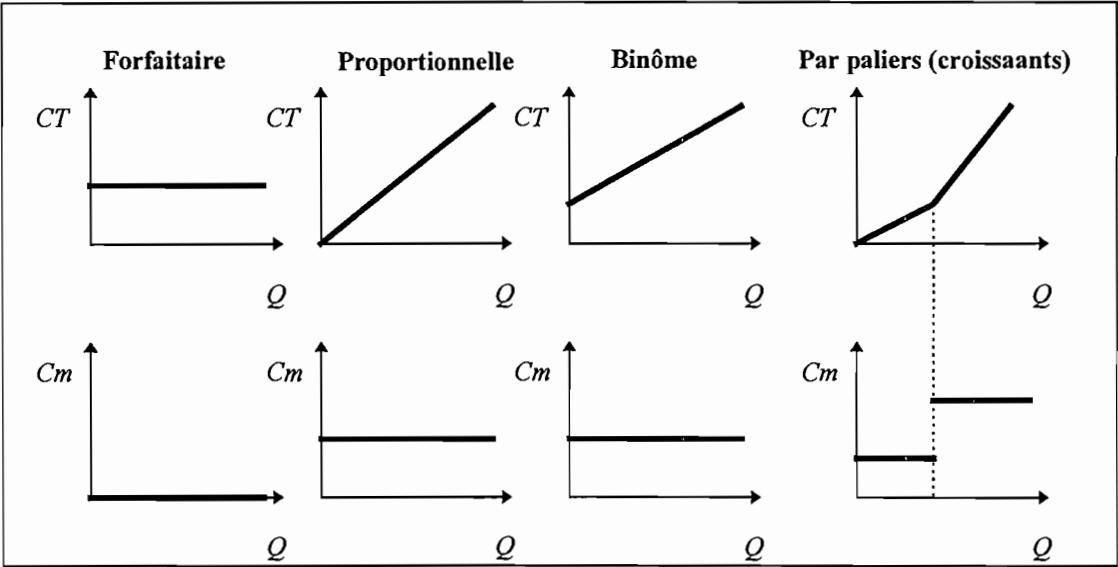


Figure 1. Exemples de structures tarifaires (source : Valiron, 1988).

- Par rapport à l'objectif d'efficacité : les tarifs forfaitaires ne sont pas efficaces et ne permettent pas de lutter contre le gaspillage de l'eau, le montant de la facture étant indépendant de la quantité consommée. Une tarification par paliers répond mieux à cet objectif si le niveau des paliers a été correctement choisi. Mais elle est difficilement compréhensible et exige un suivi assez fin des consommations. La tarification proportionnelle (ou binôme) se situe à mi-chemin : plus facilement compréhensible que la tarification par paliers, elle exige néanmoins un dispositif de comptage et un relevé (ou une estimation) des consommations.
- Par rapport à l'objectif d'équité : les droits d'accès à la ressource doivent être définis et acceptés par tous. La question de la différenciation des tarifs en fonction des situations est difficile et rejoint le débat sur la péréquation : doit-on faire payer plus cher un usager éloigné de la ressource par rapport à un autre plus proche, doit-on appliquer des tarifs différents en fonction de la date d'entrée dans le périmètre irrigué, etc. ?
- Par rapport à l'objectif d'équilibre budgétaire : l'atteinte de l'équilibre budgétaire dépend beaucoup de la structure tarifaire choisie et de la variabilité de la demande. Ainsi, une tarification forfaitaire garantit les recettes du gestionnaire alors qu'une tarification proportionnelle rend les recettes dépendantes des aléas climatiques et des capacités de paiement des usagers.

Structure conceptuelle d'un outil d'aide au choix tarifaire

Cette présentation théorique souligne combien le choix d'un système tarifaire est complexe et met en jeu de multiples composantes. Dans ces conditions, la recherche d'une solution optimale unique, satisfaisant à l'ensemble des contraintes se posant aux gestionnaires et aux agriculteurs, paraît difficilement réalisable. La difficulté s'accroît dès lors que des incertitudes pèsent sur la nature des dépenses à prendre en compte, sur le rôle des pouvoirs publics à travers leurs politiques de subvention, ou sur les prix de vente des productions irrigables.

Par ailleurs, le choix d'un tarif est souvent le fruit d'une négociation entre différents acteurs, tels que l'Etat, le gestionnaire et les producteurs. Cela se vérifie particulièrement sur les périmètres gérés par des associations d'usagers. Mais, de même, un gestionnaire public ou privé pourra difficilement négliger la façon dont les agriculteurs constituent leurs revenus et sont ou non capables de payer la redevance demandée. Or, l'expérience montre que consentement et capacité à payer varient sensiblement d'un producteur à l'autre.

Pour toutes ces raisons, l'aide fournie par des intervenants extérieurs doit s'envisager comme un apport d'informations nouvelles et reconnues par tous comme objectives, et non comme la fourniture d'une solution normative. La démarche suivie doit ouvrir de nouveaux horizons aux acteurs en place, leur permettre de tester des hypothèses différentes de coûts ou de recettes, de comparer des tarifs différant par leur structure et les montants appliqués. L'information détenue par tous, et éventuellement fournie, viendra alors alimenter le processus de négociation devant déboucher sur une décision finale.

La modélisation et la simulation représentent des techniques intéressantes pour à la fois représenter les relations entre les différents éléments du problème et comparer des scénarios virtuels sur lesquels les acteurs vont pouvoir exercer leurs réflexions et leurs discussions (Quéau, 1986 ; de Geus, 1992). S'agissant d'un problème économique et financier tel que le choix d'un système tarifaire, on s'est orienté vers le développement d'un outil de simulation budgétaire mettant en relation trois composantes : la fonction de coût du gestionnaire, la fonction de revenu des agriculteurs et la définition du système tarifaire (figure 2) (Le Gal et al., 2000) .

La fonction de coût du gestionnaire

La façon dont est calculée la fonction de coût du gestionnaire dépend en grande partie des règles adoptées dans un contexte donné. On retrouve en général trois grands types de charge :

– des charges variables qui évoluent avec le service fourni sur le pas de temps considéré ; il s'agit essentiellement de l'énergie en cas de pompage et, parfois, de main-d'œuvre temporaire employée (pompiste et aiguadiers par exemple) ; les coûts d'énergie seront reliés dans la mesure du possible avec la consommation en eau et les horaires de pompage, afin de lier de manière cohérente les assolements et la demande en eau ;

- des charges fixes liées au fonctionnement du périmètre mais indépendantes de son mode de mise en valeur, au moins en première approximation ; ce poste comprend les dépenses liées au personnel dirigeant et administratif, aux déplacements, aux immobilisations non hydrauliques, aux frais financiers, etc. ;
- des charges fixes liées à l'entretien, à l'amortissement et au renouvellement des infrastructures hydrauliques.

Les deux premiers postes sont en général assez facilement évaluable à partir de la comptabilité tenue par le gestionnaire, bien que dans certains cas, tels que les associations d'usagers en zone tropicale, la collecte et le traitement des données nécessitent un temps de travail non négligeable. Le troisième poste présente en plus des difficultés pour définir dans le temps les provisions nécessaires au gros entretien et au renouvellement des infrastructures sur des bases non normées. C'est d'ailleurs, dans ce cas, que les gestionnaires trouvent des marges de manœuvre pour moduler la redevance en fonction des contraintes pesant sur les producteurs, avec le risque d'opter pour une stratégie de maintenance sous-optimale (Loubier, 1997 ; Fall, 1999).

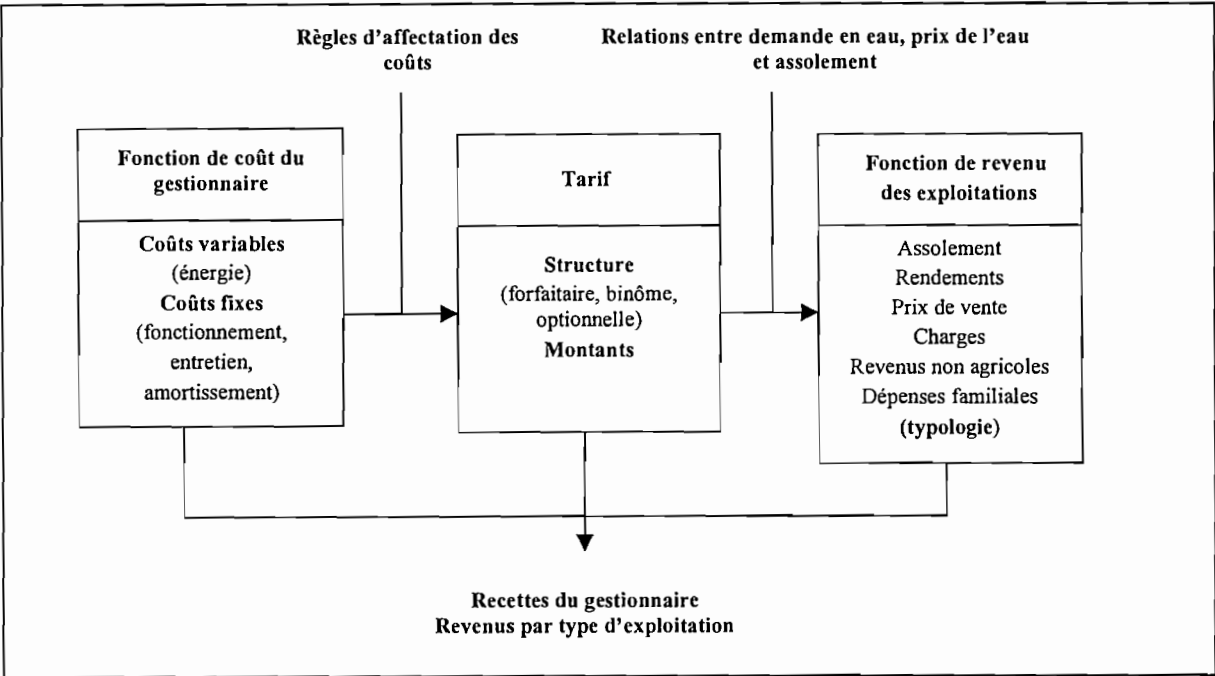


Figure 2. Représentation schématique de la modélisation adoptée.

La fonction de revenu des agriculteurs

La fonction de revenu des agriculteurs suit un calcul classique basé sur, d'une part, les charges d'exploitation, notamment les coûts d'irrigation en fonction du système tarifaire appliqué, d'autre part, les produits tirés de la vente des productions, fonction des rendements et des prix de vente obtenus. Dans les agricultures familiales du Sud, on est souvent conduit à rajouter à ces composantes les revenus tirés par les membres de la famille d'activités hors périmètre, qu'elles soient ou non agricoles, et les dépenses familiales non directement liées à la production (compléments alimentaires, dépenses de santé, d'éducation, etc.). En effet, l'utilisation possible des productions irriguées pour l'alimentation de la famille et la redistribution des sommes perçues de sources diverses entre les différents besoins rendent inopérante une vision du revenu agricole purement calée sur le périmètre irrigué et l'hectare cultivé.

Les assolements choisis par les agriculteurs tiennent une place centrale dans la modélisation d'ensemble du choix tarifaire. D'une part, ils conditionnent les demandes individuelles en eau dont dépend la consommation totale du périmètre, dès lors que la capacité des réseaux et les règles de distribution de l'eau permettent d'y répondre. D'autre part, ils influencent notablement les revenus, tant en termes de surfaces que de choix de spéculation. Ils constituent, enfin, un indicateur discriminant des stratégies adoptées par les agriculteurs sur un périmètre donné.

Les facteurs de différenciation entre exploitations sont en effet nombreux : taille des lots, assolements, main-d'œuvre, capitalisation, position dans le cycle de vie de l'exploitation, etc. Cette diversité rend plus ardue le choix d'un système tarifaire soucieux d'équité plus que d'égalité, et d'autant plus nécessaire la formulation d'hypothèses sur les comportements des agriculteurs en cas de changement de tarif. Ces hypothèses doivent être réfléchies en fonction des objectifs poursuivis, par exemple : éviter d'alourdir la charge des exploitations les moins performantes ou, au contraire, les éliminer par souci d'efficacité, inciter à l'évolution des assolements vers des spéculations plus rémunératrices ou moins consommatrices en eau.

L'expérience montre que les gestionnaires ont en France comme à l'étranger, une connaissance imparfaite ou trop empirique de cette diversité des exploitations. En dehors des surfaces aménagées et des consommations en eau, lorsque des mesures sont réalisées, on trouve difficilement dans les systèmes d'information des gestionnaires des données sur les résultats des exploitations individuelles, leurs assolements ou leurs structures. Il en résulte de grandes difficultés à estimer la valorisation de l'eau et, plus encore, l'effort de chacun pour atteindre les objectifs collectifs. La voie suivie dans la modélisation proposée et dans les deux exemples présentés, consiste à établir par enquête sur échantillon, une typologie structurelle et fonctionnelle des exploitations du périmètre étudié (Capillon, 1993). Chaque type est caractérisé par quelques variables discriminantes faciles à mesurer par enquête rapide, afin d'en évaluer le poids dans l'ensemble de la population du périmètre.

A ce stade, deux voies de représentation du comportement des types face à la tarification sont possibles. La première consiste à doter l'agriculteur d'une rationalité économique et d'une information parfaite, l'amenant à choisir l'assolement qui maximisera son revenu sous la contrainte d'un système tarifaire donné. La procédure de choix, dont on tire une demande en eau et, *in fine*, la relation entre demande en eau et prix de l'eau, est modélisable sous la forme d'un programme mathématique, en général linéaire (Strosser, 1997 ; Montginoul, 1997).

La seconde, développée ici, consiste à formuler des hypothèses de comportement face à un changement tarifaire qui ne soient pas nécessairement liées à une maximisation du revenu mais plutôt aux stratégies observées concrètement sur le terrain. Cette formule paraît bien adaptée aux agricultures du Sud, où la minimisation des risques et la diversification vers des activités non agricoles rentrent pour une part significative dans les choix des agriculteurs. Elle permet d'intégrer dans un même modèle et pour un périmètre donné, un large éventail de comportements sans passer par la définition, souvent complexe, de contraintes quantifiables. Sa faiblesse réside dans la validation des hypothèses émises. Celle-ci nécessite au minimum que les acteurs concernés se retrouvent dans la représentation qui leur est proposée (Thépot, 1995).

La définition du système tarifaire

Comme il a été souligné, une gamme importante de systèmes tarifaires s'offre aux gestionnaires de périmètres irrigués, avec leurs avantages et inconvénients. Le processus de choix suppose que les objectifs visés soient clairement définis au-delà du seul équilibre budgétaire, de même que les capacités de l'organisation à gérer un système donné. Ainsi, les tarifs relatifs au volume d'eau consommé, supposent la mise en place d'un dispositif de mesure et de gestion de l'information, qui n'est pas toujours à la portée d'une association d'usagers.

Les relations avec les deux modules précédents dépendent largement du système choisi. Il est nécessaire de définir les règles d'affectation des charges aux différentes composantes du tarif. Ainsi, la partie fixe d'un tarif binôme peut ne supporter qu'une partie des charges fixes, si le gestionnaire juge leur poids trop élevé dans l'ensemble du prix de l'eau. Un tarif optionnel devra tenir compte des hypothèses de comportement des agriculteurs. Il sera établi de façon à maximiser la recette du gestionnaire, tout en amenant ceux-ci à choisir l'option qui leur est *a priori* la plus favorable.

Ces trois modules sont paramétrés et mis en relation à l'aide d'un tableur informatique. Au stade actuel et en l'absence d'interface générique, il est en effet nécessaire d'adapter l'outil à chaque situation spécifique. L'utilisateur peut modifier à sa guise les éléments relevant des trois modules. Une fois paramétré et simulé un scénario donné, il obtient en sortie les revenus calculés par type d'exploitation et la recette totale obtenue par le gestionnaire. Le pas de temps des simulations est adaptable en fonction du contexte, mais il est en général calé sur les modalités de calcul budgétaire du gestionnaire.

La règle actuellement appliquée pour passer des revenus par exploitation au paiement de la redevance est la suivante : *tout type d'exploitation dégageant un revenu négatif est incapable de payer la redevance hydraulique demandée*. Cette règle est restrictive dans la mesure où certaines exploitations peuvent privilégier ce paiement par rapport à d'autres dépenses. Mais elle permet d'évaluer le risque de non paiement pris avec un système tarifaire donné et d'identifier les types d'exploitation concernés.

Exemples d'utilisation

Cet outil a été utilisé avec des gestionnaires de périmètre dans deux situations contrastées : le delta du fleuve Sénégal et la région de Petrolina-Juazeiro au Brésil. Nous présentons successivement ces deux exemples avant de tirer puis de discuter les enseignements généraux de ces deux expériences.

Le delta du fleuve Sénégal

Les périmètres irrigués rencontrés dans le delta du fleuve Sénégal sont de taille variable (100 à 3 000 ha) et principalement destinés à la riziculture, avec pompage et irrigation gravitaire. Ils ont été pour la plupart transférés à des associations d'usagers depuis une dizaine d'années. Le tarif pratiqué depuis vingt-cinq ans est calé sur la surface cultivée. Son montant est choisi par les agriculteurs eux-mêmes, via le bureau des associations gestionnaires. Celles-ci s'appuient sur la capacité de paiement estimée des producteurs. Ce montant a subi une augmentation relative en 1994, suite à la dévaluation du franc Cfa, passant de 40 000 à 60 000 F Cfa/ha sur la plupart des périmètres. Il est inférieur aux calculs faits par la société d'aménagement pour assurer un entretien correct des réseaux. Leurs estimations varient en effet de 70 000 à 130 000 F Cfa/ha selon la taille du périmètre, les plus grands étant les moins onéreux pour des raisons d'économie d'échelle.

Faute de système d'information fiable, il est difficile de reconstituer les charges d'un périmètre donné. Une étude réalisée sur trois d'entre eux (Pont Gendarme, Thiagar et Boundoum) montre néanmoins une tendance à l'augmentation des charges de fonctionnement (énergie et surtout fonctionnement général), au détriment des charges d'entretien et des provisions pour gros entretien et renouvellement des infrastructures (tableau I) (Fall, *op.ct.*). Globalement, la sous-tarification de l'eau et cette répartition des dépenses augmentent les risques de dégradation des réseaux et de non durabilité du périmètre, d'autant que les recettes dépendent des superficies cultivées et non aménagées.

Dans ce contexte, le choix d'un tarif doit viser à se rapprocher d'une stratégie de maintenance durable, tout en demeurant compatible avec les revenus des agriculteurs. Or ceux-ci sont dans des situations diverses, tant en termes de résultats économiques que de comportements vis-à-vis de l'irrigation. Une typologie a été réalisée à partir d'enquêtes conduites sur un échantillon d'exploitations situées sur plusieurs périmètres du delta (Tolub, 2000). La place tenue par les activités hors périmètre dans le fonctionnement des exploitations apparaît comme le facteur le plus discriminant (tableau II pour l'exemple du périmètre de Boundoum). Les deux types où ces activités sont les moins présentes (T1 et T3a) se trouvent dans des situations économiques difficiles et présentent de forts risques de non paiement des redevances.

Tableau I. Comparaison des montants de la redevance par poste sur trois périmètres du delta du fleuve Sénégal selon le mode de calcul (F Cfa/ ha cultivé).

	Pont-Gendarme (320 ha)		Thiagar (1 630 ha)		Boundoum (3 300 ha)	
	Sar	Aue	Sar	Aue	Sar	Aue
Energie	21 800	24 000	40 000	25 000	15 000	15 000
Fonctionnement général	4 200	8 000	3 500	800	1 000	3 000
Entretien annuel	21 000	3 000	18 500	4 000	14 400	5 000
Provisions pour entretien et renouvellement	83 000	25 000	39 000	30 200	36 600	37 000
total	130 000	60 000	101 000	60 000	67 000	60 000

Sar : société d'aménagement régional ; Aue : association d'usagers de l'eau. (d'après Fall, 1998).

Tableau II. Caractéristiques des types d'exploitations du périmètre de Boundoum (Sénégal).

	T1	T2	T3a	T3b	T4
Surface sur périmètre	2,9	2,6	2,7	2,7	2,1
Population totale	19	18	12	11	10
Dépense par tête (Fcfa)	73 000	45 000	60 000	70 000	80 000
Revenus hors périmètre (Fcfa)	535 000	923 000	56 000	113 000	796 000
% exploitations sur périmètre	5	24	21	33	17
surface totale par type (ha)	10	44	40	61	25
Rendements (t/ha)					
riz hivernage	3,6	5,0	3,3	6,0	5,0
riz contre-saison	-	-	-	6,4	5,4
Pratique de la double culture	non	non	non	oui	oui

Type	caractéristiques	Position par rapport à la double culture
T1	Exploitations axant l'ensemble de leurs revenus sur l'agriculture irriguée (riziculture et maraîchage). Manque de liquidités pour développer leurs activités.	Intérêt potentiel mais manque de ressources pour assurer deux cultures par an.
T2	Exploitations cherchant à s'agrandir et optant pour une stratégie extensive vis-à-vis de l'agriculture irriguée.	Pas d'intérêt pour la double culture, qui renvoie plutôt à une stratégie d'intensification.
T3a	Exploitations ayant de faibles rendements et de fortes contraintes financières.	Impossibilité de réaliser la double culture faute de ressources.
T3b	Exploitations spécialisées dans l'agriculture irriguée, limitées en surface et cherchant à maximiser leurs revenus agricoles.	Intérêt marqué pour la double culture afin d'augmenter le revenu agricole.
T4	Exploitations disposant de revenus extérieurs importants et les consacrant pour partie à l'agriculture irriguée.	Intérêt pour la double culture en tant que source de revenu, même à risque.

Le choix de solutions tarifaires alternatives à la situation actuelle a été guidé par trois grandes considérations :

- la nécessité de sécuriser le recouvrement des charges fixes ;
- la capacité matérielle des gestionnaires à mettre en place ces tarifs ;
- leurs effets sur les revenus des agriculteurs, à travers les montants retenus mais également le type d'incitation privilégié.

Dans cet esprit, l'orientation privilégiée a été un tarif binôme assis, pour sa partie fixe, sur la surface aménagée, pour sa partie variable constituée des dépenses d'énergie, sur la surface cultivée une campagne donnée. Ce tarif présente en effet le double avantage (i) de déconnecter le recouvrement des charges fixes des surfaces cultivées chaque année et (ii) d'être facilement gérable, contrairement à un tarif assis sur les volumes d'eau consommés qui nécessiterait un système de mesure. Cette tarification au volume se justifie d'autant moins que l'élasticité entre rendement et demande en eau est faible pour le riz, et que l'eau n'est pour l'instant pas un facteur limitant en amont comme au sein de ces périmètres.

Les scénarios mis en comparaison combinent trois facteurs de variation :

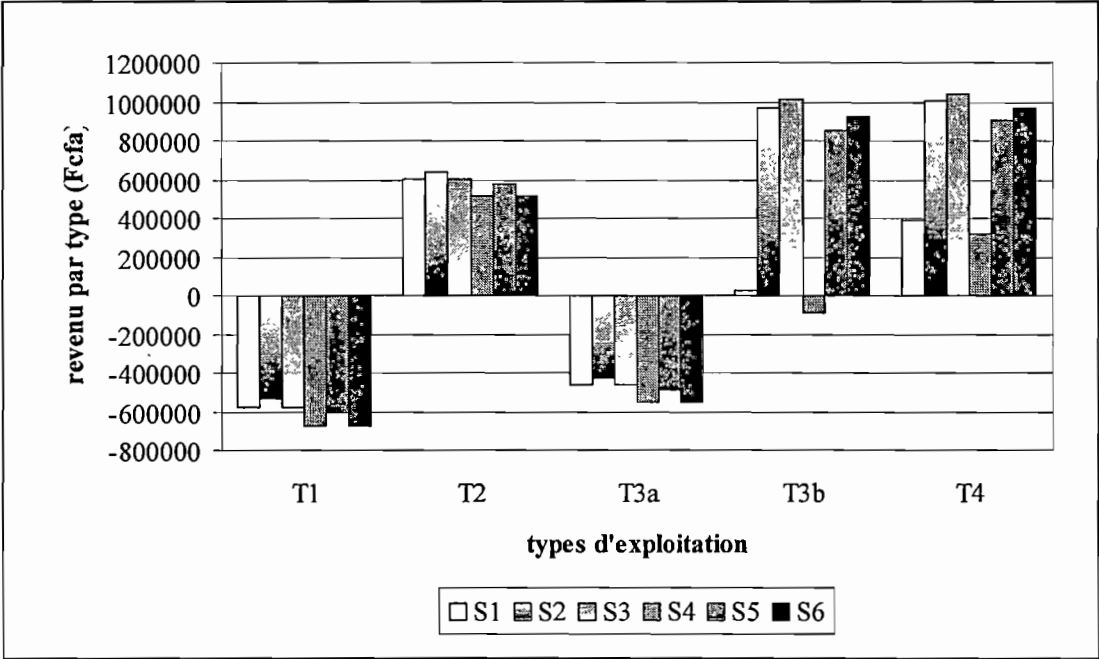
- structure tarifaire : forfaitaire et binôme ;
- montant : actuel (60 000 F Cfa/ha/campagne) et durable (90 000 F Cfa/ha sur une culture par an) ;
- mise en valeur du périmètre : une culture par an et double culture annuelle de riz sur 50 % de la surface du périmètre.

Ce dernier facteur est basé sur l'hypothèse que le tarif binôme devrait inciter les agriculteurs à opter pour la double culture annuelle, système plus intensif qui leur permet de répartir leurs charges fixes sur une plus grande surface cultivée et d'augmenter les revenus tirés annuellement du périmètre. Ce système présente néanmoins des risques d'échec, dus notamment à l'organisation des calendriers de travail durant les périodes de chevauchement des cycles culturels (Le Gal et Papy, 1998). On a donc supposé

que certains types d'exploitation ne seraient pas intéressés par cette possibilité, T1 et T3a parce que le risque encouru est trop élevé par rapport à leurs moyens financiers, T2 parce que sa stratégie est plutôt d'ordre extensif (tableau II).

Les résultats des simulations en termes de revenus des exploitations par type sont présentés à la figure 3. On constate tout d'abord que les types T1 et T3a ont des revenus négatifs quel que soit le montant de la redevance. Cette situation s'explique par la faiblesse de leurs rendements, qui ne suffisent pas à couvrir leurs charges et à subvenir à leurs besoins familiaux, tant alimentaires que monétaires. Les périmètres où ces types sont très représentés verront leur risque de déséquilibre budgétaire augmenter en conséquence. Ils devront mettre en place des actions qui leur soient spécifiques, relevant, selon la stratégie adoptée, de politiques de soutien technique et financier ou au contraire d'éviction.

Les autres types peuvent supporter une augmentation de la redevance, sous réserve pour T3b d'adopter la double culture annuelle. Sur ce plan, le tarif forfaitaire actuel se révèle contre-incitatif car il favorise les exploitations qui ne la pratiquent pas au détriment de celles qui prennent le risque d'en faire (comparaison des scénarios S2 et S3 pour le montant actuel, S5 et S6 pour le montant durable). Le tarif binôme apparaît donc effectivement mieux adapté à une stratégie d'intensification, telle qu'elle est souhaitée par les pouvoirs publics et les bailleurs de fonds à l'origine de ces aménagements.



Description des scénarios						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Tarif	forfait	forfait	binôme	forfait	forfait	binôme
Montant (Fcfa/ha)	60 000	60 000	60 000	90 000	90 000	90 000
double culture*	-	oui	oui	-	oui	oui

*sur 50 % du périmètre ; fourni par T3b et T4.

Figure 3. Résultats des simulations tarifaires par type d'exploitation.

Présentés aux agriculteurs responsables de la gestion du périmètre de Boundoum, ces résultats ont alimenté une discussion débordant des seuls problèmes de tarification pour toucher à quatre types de problèmes relevant de la gestion interne de l'aménagement et de ses relations avec les pouvoirs publics.

- Un problème de mise en œuvre du tarif binôme : quand percevoir la partie fixe de la redevance et comment faire payer les agriculteurs qui n'utilisent pas leur parcelle de l'année ? Ce problème renvoie plus généralement aux difficultés que rencontrent les associations d'usagers à recouvrer les redevances, la nécessité de caler les périodes de recouvrement avec celles où des productions sont disponibles et les modalités de pression à mettre en place face aux mauvais payeurs.

- Un problème de référentiel : comment estimer les charges fixes de maintenance et de renouvellement des équipements ? Le tarif binôme implique une planification des interventions de maintenance et de leur coût, alors que le tarif forfaitaire favorise une gestion à posteriori de l'entretien, en fonction des sommes collectées.
- Un problème structurel : la conception du périmètre, faite dans un autre contexte institutionnel (gestion par une société parapublique subventionnée) génère des coûts incompatibles avec les revenus des agriculteurs, alors que le transfert de responsabilité fait maintenant peser la pérennité de l'investissement sur leurs épaules.
- Un problème politique : que fera l'Etat s'il se révèle que les coûts de l'eau ne sont pas supportables par les paysans ? Comme la question précédente, ce débat renvoie au montant des redevances, à la capacité des agriculteurs à prendre institutionnellement et financièrement en charge la gestion des périmètres et au rôle de l'Etat dans un contexte économique libéral.

La région de Petrolina-Juazeiro

Cette démarche a été appliquée dans le contexte fort différent de deux périmètres irrigués situés dans la région de Petrolina-Juazeiro au Brésil. Par rapport à la situation sénégalaise, ces périmètres se caractérisent par des tailles relativement similaires (de 400 à 4 300 ha), une irrigation gravitaire par pompage avec éventuellement des stations de reprise sous pression individuelles, des systèmes de production en transition depuis les cultures maraîchères (oignon, tomate, melon) vers les cultures fruitières (banane, cocotier, goyave, mangue), des tailles d'exploitation très diverses sur un même périmètre, allant de 6 à 8 ha pour des exploitations familiales à des entreprises agro-industrielles exploitant plusieurs centaines d'ha. Leur gestion est assurée par des districts d'irrigation dirigé par du personnel professionnel, sous la responsabilité d'un conseil d'administration où sont représentés les agriculteurs et l'Etat, via une société d'aménagement (Codevas).

La tarification est partout binôme avec une partie fixe assise sur la superficie aménagée des exploitations et une partie variable assise sur la consommation en eau mesurée quotidiennement à l'aide d'échelles placées en tête de lot et en fonction de la durée d'irrigation. Les districts sont confrontés à deux types de problème : des impayés structurels des redevances de la part de certaines exploitations, et des difficultés à définir les montants respectifs des parties fixes et variables (de Nys, 1999). Alors que l'Etat les incite à inclure la majorité des charges fixes dans la partie fixe, les districts tendent au contraire à alourdir la partie variable, sous la pression des agriculteurs (tableau III). En effet, ceux-ci peuvent ainsi plus facilement moduler leur facture totale en adaptant leur consommation en eau à leurs assolements ou à la pluviométrie. En contre-partie, les recettes des districts sont plus incertaines, notamment en cas d'année pluvieuse, et les charges d'entretien ne sont plus couvertes.

Plus encore qu'au Sénégal, les exploitations d'un même périmètre sont dans des situations économiques contrastées. La typologie construite pour en rendre compte repose sur des critères de taille et d'assolement, selon la place de la fruiticulture et le degré de transition entre cultures annuelles et fruitières (tableau IV). Certaines exploitations sont en effet apparues en difficulté financière du fait d'une transition trop rapide et mal maîtrisée entre ces deux systèmes, les conduisant à recourir à des crédits usuraires (Ducrot *et al.*, 2001).

Une fois la fonction de coût du gestionnaire précisée, et les relations entre assolement et demandes en eau, des scénarios ont été construits pour prendre en compte, d'une part, des changements dans l'environnement et la situation économiques des exploitations (prix des productions et capacité d'autofinancement), d'autre part, des systèmes tarifaires différant par l'équilibre entre parties fixe et variable, ou par leur structure à travers la mise en place d'une tarification optionnelle (Alcubilla, 2000). Dans ce dernier cas, l'objectif était de s'écarter de la position habituelle des districts consistant à appliquer un même tarif à toutes les exploitations malgré leur diversité de situations et de qualités de service différenciées. On a, au contraire, proposé des contrats assis sur des débits et des horaires d'irrigation calés sur les consommations en eau mesurées de chaque type, en faisant l'hypothèse qu'elles seraient relativement stables avec des assolements essentiellement pérennes. Les montants des contrats ont été calculés en fonction du poids de chaque type, de façon à se rapprocher au mieux de l'équilibre budgétaire du district.

Tableau III. Montant de la redevance sur le périmètre de Maniçoba selon la méthode de calcul.

	Etat*	district
partie fixe (réal/ha aménagé)	15,21	3,93
partie variable (réal/m³)	7,30	18,10

*partie fixe = charges fixes

Tableau IV. typologie des exploitations de Maniçoba.

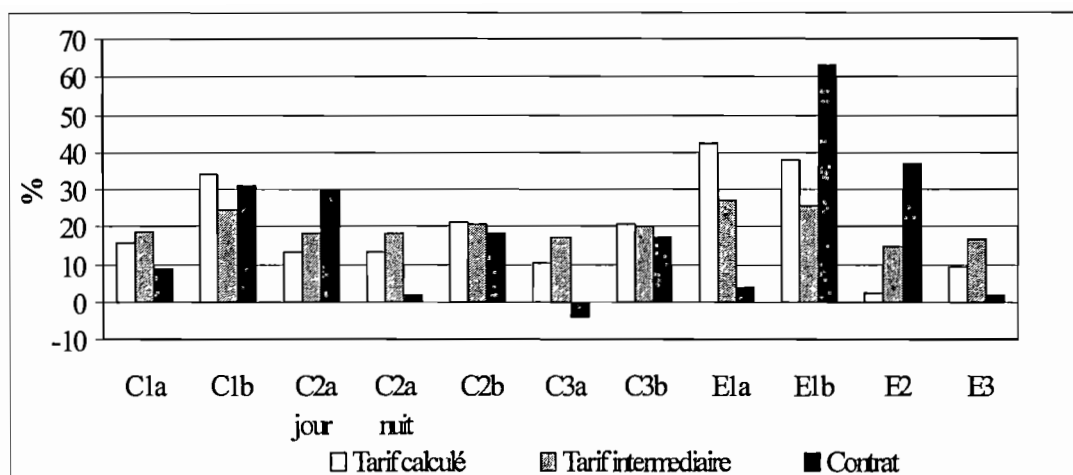
Type	Fruiticulture en Production	Surface Cultivée	Caractéristiques
C1a	>80%	>6 ha	Exploitations arrivées en pleine production.
C1b		<6ha	Revenu fonction du prix de vente des fruits
C2a	30-80%	>6 ha	Exploitations en évolution.
C2b		<6ha	Peu de recours aux cultures annuelles.
C3a	<30%	>6 ha	Passage à la fruiticulture récent.
C3b		<6ha	Recours aux cultures annuelles.
E1a	100	50	Entreprises d'exportation de mangue.
E1b	100	30	taille inférieure à E1a
E2	-	65	Entreprise sucrière.
E3	>80%	100	Entreprise d'exportation du raisin.

Les résultats des simulations soulignent tout d’abord la très forte sensibilité des résultats économiques des exploitations familiales aux prix de vente des productions, qu’elles soient maraîchères ou fruitières. Ce point, discuté ensuite avec les districts et les représentants des agriculteurs, a permis de souligner les conséquences, sur l’équilibre budgétaire du district, de facteurs non directement liés au service de l’eau, tels que le choix des productions, la planification de la transition entre cultures annuelles et pérennes et l’organisation de la commercialisation.

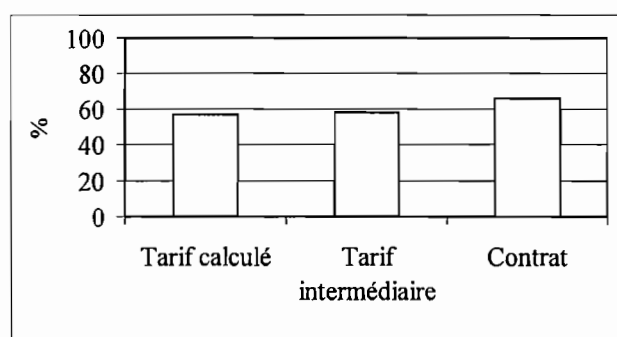
La comparaison des systèmes tarifaires simulés avec la tarification actuelle souligne les points suivants (figure 4).

- Les effets d’un système donné sur le montant de la facture d’eau varie d’un type à l’autre, en fonction du rapport entre surface aménagée et demande en eau, elle-même fonction de l’assolement pratiqué.
- Les arbitrages opérés entre parties fixe et variable n’ont pas d’influence notable sur les factures payées, à l’exception de certaines entreprises (E1a et E1b où la facture augmente de plus de 20 % par rapport au tarif actuel). Ce résultat va à l’encontre des positions prises par les agriculteurs familiaux face à une augmentation de la partie fixe, mais demanderait à être modulé en prenant mieux en compte l’aléa climatique qui rentre pour une part dans leur raisonnement et leur perception de la tarification.
- 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 (irrigation de nuit pour C2a par exemple). Certaines entreprises se trouvent par contre fortement désavantagées (E1b et E2). Ces résultats conduisent à approfondir la caractérisation des contrats, d’autant que la recette du gestionnaire, tout en étant maximale dans cette situation, est encore loin d’être totalement recouverte.

Comme au Sénégal, ces résultats ont été restitués aux districts et représentants des agriculteurs et ont débouché sur une discussion débordant largement du seul sujet de la tarification pour s’intéresser aux différentes composantes du système « périmètre irrigué » : maîtrise des systèmes de production par les agriculteurs familiaux et besoins en formation technique et gestionnaire, financement des exploitations, importance de la commercialisation des productions et interrogations sur l’implication des districts dans son organisation, modernisation des périmètres et passage à l’irrigation sous pression.



a. Variation de la redevance simulée par rapport à la redevance actuelle selon les tarifs.



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

Définition des scénarios

	K2 fixe (R\$/ha)	K2 variable (R\$/1 000m3)	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	Usager
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	2450	-	E2, E3

Figure 4. Comparaison de différents systèmes tarifaires sur les périmètres de Mandacaru et Maniçoba (Brésil).

Synthèse et perspectives

Le choix d'un système tarifaire représente une décision stratégique et complexe, dans la mesure où elle intègre de nombreuses composantes des périmètres irrigués et se situe à l'interface entre gestionnaire, agriculteurs et pouvoirs publics. Ainsi, la maîtrise des coûts d'investissements, de maintenance et de fonctionnement relève directement des gestionnaires. Du côté des agriculteurs, les choix de production et les stratégies de commercialisation représenteront autant de leviers d'action pour sécuriser les revenus et les capacités de paiement de la redevance. La gestion du système suppose un accès observable et vérifiable aux variables constituant l'assiette de la tarification choisie, avec un souci de transparence sur les coûts et les modalités de facturation. Enfin, les composantes du problème sont amenés à évoluer dans le temps, remettant en question les choix initiaux.

Est-ce du fait de sa complexité et de son caractère aisément conflictuel, la question de la tarification est rarement soulevée par les gestionnaires rencontrés au cours de cette opération. Le problème des impayés l'est beaucoup plus fréquemment car il renvoie très directement aux équilibres budgétaires de court terme et à la couverture des charges de fonctionnement. Cette position fait passer au second plan la planification des dépenses d'entretien et de renouvellement des infrastructures, dont dépend pourtant leur pérennité.

La démarche proposée ici permet dans un premier temps de repositionner la tarification dans le fonctionnement du périmètre, puis d'ouvrir l'horizon des acteurs intéressés sur des choix alternatifs possibles. L'intérêt de la simulation est alors de préciser quantitativement les conséquences à attendre d'une solution vis-à-vis des objectifs visés. On évite ainsi des expérimentations hasardeuses en vraie grandeur, sources d'incertitudes et de conflits avec les agriculteurs, pour alimenter un processus d'apprentissage fondé sur la discussion et la réflexion collectives. L'expérience montre de plus que celles-ci dépassent rapidement le seul problème de la tarification pour aborder un ensemble de problèmes stratégiques pour l'avenir du périmètre. De ce point de vue, la discussion de la tarification apparaît comme un moyen d'intervention puissant dans les périmètres irrigués. Cela tient au fait que tous les acteurs sont concernés et que le débat de nouveaux scénarios nécessite la mise en commun d'information auparavant privées.

Ces points positifs ne doivent pas masquer un certain nombre de difficultés dans la mise en œuvre de la démarche. Tout d'abord, comme pour beaucoup de modèles, l'information nécessaire pour construire les simulations n'est pas toujours disponible. Cela est particulièrement vrai des données sur les exploitations agricoles, qui nécessitent des enquêtes spécifiques. Mais cela concerne également les informations comptables du gestionnaire, les systèmes d'information en place étant souvent incomplets, difficilement accessibles et finalement peu fiables. Ce problème, rencontré dans des expériences similaires au Maroc et dans les Charentes (Rieu et Montginoul, 1999), nécessite parfois une intervention spécifique (Le Gal et al., 2001).

Le déroulement de l'intervention demande de la durée pour construire les scénarios et les discuter avec les acteurs intéressés de manière itérative, jusqu'à parvenir à l'émergence de solutions opérationnelles. Bien qu'aux prémisses d'un tel processus, on constate que des précautions sont à prendre quant à la nature et au degré d'implication des interlocuteurs. Vu la sensibilité de la question traitée et sa position charnière entre gestionnaires et agriculteurs, il est indispensable que (i) la représentation du système et la formalisation des relations entre acteurs, qui constituent la base de la modélisation, soient clairement explicitées et (ii) les simulations soient présentées et discutées avec l'ensemble des acteurs intéressés, pour éviter des déséquilibres et tensions supplémentaires dans leurs relations.

Ce principe est d'autant plus nécessaire que les décisions de réforme tarifaire sont en général votées en assemblée générale ou par les conseils d'administration. Il est cependant difficile à tenir dès lors que les représentants des agriculteurs ont des difficultés pour saisir la nature de la démarche ou pour faire accepter par leurs pairs les décisions prises. D'où l'importance de l'existence d'un cadre réglementaire fixant les relations entre les acteurs, notamment entre l'Etat et le gestionnaire, d'une volonté partagée de négocier la réforme, et d'une représentation solide et légitime des usagers, qui permettra de limiter les comportements opportunistes ultérieurs.

La démarche comme l'outil sont encore expérimentaux, et leur utilisation va se poursuivre sur quelques terrains pour en évaluer l'intérêt réel. De cette évaluation seront tirées des conclusions en matière de

généralisation, concernant notamment le développement d'un logiciel plus facilement paramétrable en fonction de situations spécifiques et plus convivial ergonomiquement.

D'un point de vue économique, les travaux réalisés permettent une confrontation des apports théoriques à la réalité des comportements des acteurs sur le terrain. Il est clair que les progrès récents sur la prise en compte des asymétries d'information, l'existence de fonctions de demande aléatoires et les processus de négociation trouvent là des champs d'application fructueux. On peut réciproquement espérer des gains dans les capacités de représentation et la mise au point d'instruments économiques plus efficaces !

Bibliographie

ALCUBILLA R.G., 2000. Elaboration d'un outil de simulation de la tarification de l'eau : application à deux périmètres irrigués collectifs au Brésil. Mémoire Daa Ina-Pg. Montpellier, France, Cirad, 51 p.

CAPILLON A., 1993. Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. Thèse Dr. Ina-Pg. Paris, France, Tome 1, 48 p.

De GEUS A.P., 1992. Modelling to predict or to learn ? European Journal of Operational Research, 59 : 1-5.

DUCROT R., Le GAL P.-Y., MORARDET S., JEHAN C., de NYS E., 2002. Transitions institutionnelles et agricoles dans les périmètres irrigués du pôle Petrolina-Juazeiro (Brésil) : enjeux, difficultés et voies d'intervention. Séminaire PCSI, « La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches », Montpellier, 3-4 janvier 2001. Montpellier, France, Cirad.

FALL Ch., 1999. Analyse de la tarification de l'eau sur les périmètres irrigués du delta du fleuve Sénégal. Mémoire Dea, Ensam-Um, 181 p.

Le GAL P.-Y., PAPY F., 1998. Co-ordination processes in a collectively managed cropping system: double cropping of irrigated rice in Senegal. Agricultural Systems, 57 (2) : 135-159.

Le GAL P.-Y., de NYS E., PASSOUANT M., RAES D., RIEU T., 2000 Recherche-intervention, modélisation et aide à la décision collective : application à la gestion des périmètres irrigués. In Le pilotage des agro-écosystèmes : complémentarités terrain-modélisation et aide à la décision, Cirad, 31 août 2000. Montpellier, France, Cirad

Le GAL P.-Y., PASSOUANT M., FAMANTA M., BELIERES J.-F., 2002. Conception et mise en place d'un système d'information dédiée à la maintenance des réseaux hydrauliques à l'Office du Niger (Mali). Séminaire Pcsi, La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du 21^e siècle : enjeux, problèmes, démarches, Montpellier, 3-4 janvier 2001. Montpellier, France, Cirad.

LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué : Le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des Associations Syndicales Autorisées. Mémoire Dea, Ensam, Um1. Montpellier, France, Cemagref, 104 p.

MONTGINOUL M., 1997. Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation : des instruments, de l'information et des acteurs. Thèse Un. Montpellier I, 312 p.

NYS (de) E., 1999. Analyse et modélisation de la tarification de l'eau sur les périmètres irrigués collectifs dans le nordeste du Brésil. Mémoire de fin d'études Montpellier, France, Cirad, 54 p.

QUEAU P., 1986. Eloge de la simulation : de la vie des langages à la synthèse des images. Ed. Champ Vallon, Coll. Milieux.

RIEU T., 1999. L'eau agricole en France : état des lieux et perspectives, Bul. Conseil Général du Gref, n°53, avril, p. 63-84.

RIEU T., MONTGINOUL M., 1999. Implementation issues related to different water pricing reforms : Application to Charentes River basin in France and irrigation management agencies in Morocco. Communication au colloque CEE « Pricing the use of water resources », 6-7 Septembre 1999, Sintra, Portugal, (à paraître).

STROSSER P., 1997. Analysing alternative policy instruments for the irrigation sector. An assessment of the potential for water market development in the Chishtian sub-division. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 243 p.

THEPOT J., 1995. La modélisation en sciences de gestion ou l'irruption du tiers. *Revue française de gestion*, 102 : 66-70.

TOLUB A., 2000. Prendre en compte la diversité des exploitations agricoles dans la gestion des grands périmètres irrigués du delta du fleuve Sénégal. *Isra-Psi-Coraf*, 66 p.

VALIRON F., 1988. Coût et prix de l'eau. *Annales des Mines*, 7-8, p. 135-142.

La gestion des périmètres irrigués collectifs

Le colloque « La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI^e siècle : enjeux, problèmes, démarches » fait le point sur les travaux du Pôle commun sur les systèmes irrigués dans ce domaine. Il analyse les problèmes que pose actuellement la gestion des périmètres irrigués collectifs dans le contexte du désengagement des Etats, de la raréfaction de la ressource en eau et de la mondialisation des échanges. Il présente l'évolution des démarches et des outils permettant d'aider les acteurs à gérer ces périmètres. Enfin, il discute de la pertinence des travaux et des résultats actuels de la recherche et des évolutions à envisager.

The management of collective irrigated areas

The conference on "the management of collective irrigated areas at the dawn of the 21st century: issues, problems and approaches" takes stock of the work conducted in this field by the joint pole for irrigated systems. There is an analysis of the problems now involved in managing collective irrigated areas in the context of State withdrawal, the increasing scarcity of water resources and the globalization of exchanges. The support tools and approaches that have been developed to help stakeholders manage these areas are presented. Lastly, there is a discussion of the actual research work, results and potential developments.



La recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement



Centre de coopération internationale en recherche agronomique
pour le développement



Institut de recherche pour le développement