

Gestion des ressources en eau dans les Andes équatoriennes

Structures, bilans, règles et modèles

Ruf Thierry ; Le Goulven Patrick

Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération (ORSTOM),
2051, avenue du Val de Montferrand, 34000 Montpellier, France

Résumé

L'étude du fonctionnement de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes (1987-1994) a pour objectif d'aider l'État équatorien à définir une politique d'appui technique et financier aux gestionnaires de réseaux anciens, les plus importants dans le pays, par rapport aux réseaux publics modernes. La définition des différents niveaux d'organisation et l'inventaire des réseaux conduisent à l'établissement de bilans hydriques et économiques régionaux ainsi qu'à la classification des petites régions aménagées, des canaux et des périmètres. L'étude des règles de gestion de l'eau fixées par les usagers et leurs organisations apporte une vision dynamique aux différents systèmes. L'élaboration d'un modèle de gestion des ressources permet de simuler les effets économiques de différents scénarios d'évolution des systèmes irrigués : crise de dotations, aménagements nouveaux et coûteux, changement de règles de répartition de l'eau.

Mots clés

Bassin hydrographique, périmètre irrigué, gestion de l'eau, histoire, droit, conflit social, bilan hydrique, modélisation économique, Andes, Equateur.

Abstract

Water management in the Ecuadorean Andes: structure, evaluation, water rights, and models
The objective of the study (1987-1994) on traditional irrigation management in the Ecuadorean Andes was to provide the government with the necessary elements to establish a policy of technical and financial support to managers of major traditional systems. Different organization levels were defined and networks were inventoried to assess regional water supply and economic efficiency and to classify different types of irrigation zones, canals, and systems. Water rights fixed by users and their associations were also examined. An irrigation management model was developed to simulate the economic impact of different scenarios for the evolution of irrigation systems, including water shortage,

new and expensive irrigation projects, and changes in rules governing water distribution.

Introduction

L'étude du fonctionnement de l'irrigation traditionnelle dans les Andes équatoriennes est un projet de recherche mené par l'INERHI (Institut équatorien des ressources hydriques) et par l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) de 1987 à 1994. L'objectif du projet réside dans l'acquisition des connaissances et leur interprétation en vue de formuler des plans nationaux d'action en faveur des réseaux d'irrigation traditionnelle, dont la gestion dépend directement des usagers ou d'associations syndicales.

Entre 1950 et 1990, l'État équatorien a privilégié la création de nouvelles infrastructures hydrauliques pour l'agriculture. La récession économique, les difficultés d'achèvement des projets d'irrigation et l'endettement — l'investissement public dans l'hydraulique agricole représente 11,6 % de la dette publique pour seulement 88 000 hectares aménagés — justifient les nouvelles priorités (Whitaker et Alzamora, 1990). Depuis la nationalisation de l'eau en 1973 et la mise en place d'un système de concession publique, l'INERHI assure les tâches administratives des enregistrements de droits d'eau sans vision d'ensemble, ni au plan national ni au plan régional et local.

L'irrigation traditionnelle, correspondant aux aménagements antérieurs à l'intervention publique, touche une superficie considérable des Andes équatoriennes. En 1986, l'INERHI l'estimait à 325 000 hectares (Jimenez, 1986).

La prise en compte de l'irrigation traditionnelle

Dans les documents sur la faisabilité des projets d'aménagement hydraulique de l'INERHI, les études d'infrastructure

ture s'appuient sur une hypothèse implicite : les anciens canaux, peu efficaces et mal gérés, seront abandonnés après la mise en place du projet. En conséquence, leur description détaillée semble inutile. Les prélèvements des réseaux anciens sur les torrents et rivières en amont du projet sont négligés. En revanche, l'irrigation traditionnelle est mise en avant dans les études agroéconomiques pour souligner que les futurs bénéficiaires du réseau public projeté ont acquis un savoir-faire en matière d'arrosage et de pratiques culturelles intensives, ce qui constituerait un gage de la réussite économique du projet (Piedra, INERHI, comm. pers., 1990).

Or, à la fin des années 1980, plusieurs constatations s'imposent à l'INERHI. Dans les zones desservies par un canal public moderne, les réseaux anciens fonctionnent toujours, souvent avec des coûts inférieurs à ceux du réseau neuf. Dans certains cas, lors d'étiages sévères sur la rivière, les prises traditionnelles en amont influent fortement sur la disponibilité réelle en eau de l'aménagement public. Enfin, les effets attendus en matière d'intensification de l'agriculture semblent insuffisants par rapport aux objectifs fixés. En Équateur comme dans d'autres pays, les bailleurs de fonds proposent un moratoire sur les projets nouveaux et portent un intérêt de plus en plus marqué pour l'irrigation traditionnelle, qui semble obtenir de meilleures performances économiques (USAID, 1983 ; Whitaker et Alzamora, 1990).

Pour comprendre la gestion de l'eau dans les réseaux traditionnels du pays, dans le contexte de la crise des modèles d'intervention hydraulique publique, l'équipe franco-équatorienne s'est appuyée sur une approche systémique, fondée sur quatre étapes d'acquisition de connaissances : la définition des structures de l'irrigation, l'établissement de bilans permettant un jugement sur le fonctionnement actuel des systèmes d'irrigation, l'investigation sur le passé ancien et récent pour préciser les règles de gestion, la modélisation pour simuler des scénarios d'évolution (Le Goulven *et al.*, 1989 ; Le Goulven et Ruf, 1992).

Les structures traditionnelles de l'irrigation

Le système d'irrigation élémentaire est constitué d'une structure hydraulique ramifiée amenant l'eau à un ensemble défini d'usagers, titulaires de droits d'eau, qui gèrent direc-

tement ou délèguent la gestion à des représentants. Il comprend une ou plusieurs prises contribuant à la dotation du système, des segments de canaux de transfert, des nœuds d'union ou de division entre les segments et des périmètres usagers du système (figure 1).

En zone de montagne, le grand bassin hydrographique régional de plusieurs milliers de kilomètres carrés constitue l'unité régionale d'inventaire des systèmes d'irrigation. Il correspond souvent à une identité culturelle et un espace économique particuliers, distincts des autres grands bassins hydrographiques. Du point de vue de l'hydrologue, le grand bassin se compose de multiples bassins versants unitaires, offrant chacun un débit d'écoulement superficiel disponible, calculé sur un pas de temps annuel ou mensuel.

L'espace analysé sous l'angle de l'offre en eau

Le bassin unitaire pourrait donc devenir l'unité spatiale intermédiaire entre le grand bassin régional et le système d'irrigation local : unité de l'inventaire, du bilan hydrologique, de l'analyse historique et de la modélisation. Cependant, il est clair que l'agronome définit le domaine de validité des recherches sur les systèmes de cultures à partir d'autres considérations que celles de l'hydrologue : en l'occurrence, il s'appuie sur des unités agroécologiques définies par le climat, le sol, les aptitudes des plantes cultivées. L'économiste pourrait employer le bassin versant dans son diagnostic à condition qu'il s'intéresse à l'économie de l'eau proprement dite, par exemple à son coût d'extraction. En revanche, s'il travaille sur l'économie de l'usage de l'eau, il est probable qu'il se fonde sur les unités de production agricole pour généraliser ces résultats. Quels rapports établir entre unités hydroclimatiques, agroécologiques et socioéconomiques dans un espace transformé par l'hydraulique ?

Dans le cas des Andes équatoriennes, un grand bassin hydrographique comme celui du Mira résulte de la tectonique associée au volcanisme de deux chaînes parallèles, avec les sédiments anciens couverts par d'épaisses couches de cendre. Entre les deux chaînes, une dépression est active à l'échelle géologique et remaniée par les écoulements superficiels, les tremblements de terre, les effondrements (Marocco, 1993, comm. pers). Les précipitations annuelles sont abondantes sur les crêtes (1 000 mm à 4 000 m d'altitude), faibles dans le centre de la dépression (400 mm à 1 500 m d'altitude). De façon schématisée, le bassin hydrographique est caractérisé par de grands plateaux faillés, in-

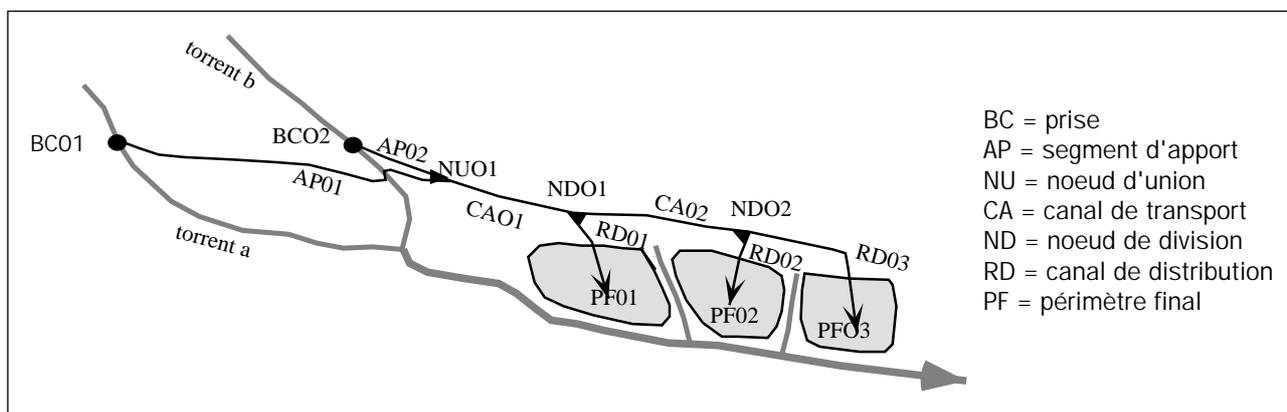


Figure 1. Description d'un système d'irrigation.

clinés vers le centre de la dépression, des cônes érosifs et des canyons de plus en plus profonds jusqu'à l'exutoire de la rivière principale hors du couloir interandin.

Dans un tel contexte géomorphologique, la densité et l'imbrication des réseaux traditionnels montrent que l'eau prélevée dans un bassin unitaire peut être transférée dans un autre bassin unitaire (figure 2). On voit mal comment étudier la gestion de l'eau d'un canal irriguant des terrains dans deux bassins versants limitrophes en excluant ceux situés hors des limites de l'étude. De la même manière, il paraît difficile de faire abstraction d'un apport extérieur d'eau à un périmètre approvisionné par plusieurs ressources hydriques éloignées.

L'espace analysé sous l'angle de la demande en eau

Les interfluvés principaux du réseau hydrographique torrentiel constituent les unités qui utilisent l'eau dérivée des torrents limitrophes. Comme les transferts d'eau sont parfois organisés à l'échelle de trois ou quatre bassins versants contigus, la dénomination de l'unité d'usage de l'eau est devenue : zone d'analyse et de recommandation pour l'irrigation (ZARI). La définition de la ZARI comme une unité spatiale d'organisation du prélèvement, du transport et de l'utilisation de l'eau permet de fixer un cadre d'intervention raisonné pour l'INERHI, les autres institutions de développement et les gestionnaires des différents systèmes d'irrigation.

Dans cette approche, on considère un canal d'irrigation comme une partie d'un système plus complexe composé de multiples canaux d'irrigation plus ou moins dépendants. Dès lors, l'espace traditionnel aménagé (la ZARI) prend des di-

mensions significatives sur le plan des ressources captées (souvent plusieurs mètres cubes par seconde) et sur le plan économique (des milliers d'hectares concernés), ce que ne reflètent pas les termes usuels de petite irrigation, ou d'irrigation marginale, associés souvent au terme traditionnel ou ancien. Ainsi, le bassin du Mira, dans le nord de l'Équateur, comporte 16 ZARI, 50 000 hectares aménagés et irrigués par 280 systèmes d'irrigation, 1 100 kilomètres de canaux principaux et près de 25 mètres cubes par seconde captés (figure 3). Urcuqui, une des ZARI, a 5 100 hectares irrigables par 20 systèmes d'irrigation, 192 kilomètres de canaux captant près de 4,5 mètres cubes par seconde (figure 4).

La diversité de la demande en eau dans la ZARI

La complexité de la gestion de l'eau dans la ZARI est, en première analyse, liée aux structures hydrauliques. Pendant l'étiage des cours d'eau, les prises en aval d'autres prises risquent de manquer d'eau. Dans le réseau, le partage de la ressource entre les groupes d'utilisateurs peut être continu ou séquentiel. Ces aspects existent dans tout réseau ramifié, y compris dans les infrastructures modernes avec leur hiérarchie de canaux principaux, secondaires et tertiaires. En revanche, la multiplicité des approvisionnements semble spécifique de l'irrigation traditionnelle : un périmètre bénéficiaire d'un système d'irrigation peut bénéficier d'une dotation supplémentaire d'un ou de plusieurs autres systèmes. Le corollaire de cette construction de systèmes différents et dépendants est la multiplicité des acteurs de la gestion de l'eau. L'État, s'il se considère comme l'unique attributeur de concessions sur les prises, n'est pas gestionnaire du complexe hydraulique traditionnel, même si la loi de nationalisation de l'eau le prévoyait. Les paysans, les propriétaires

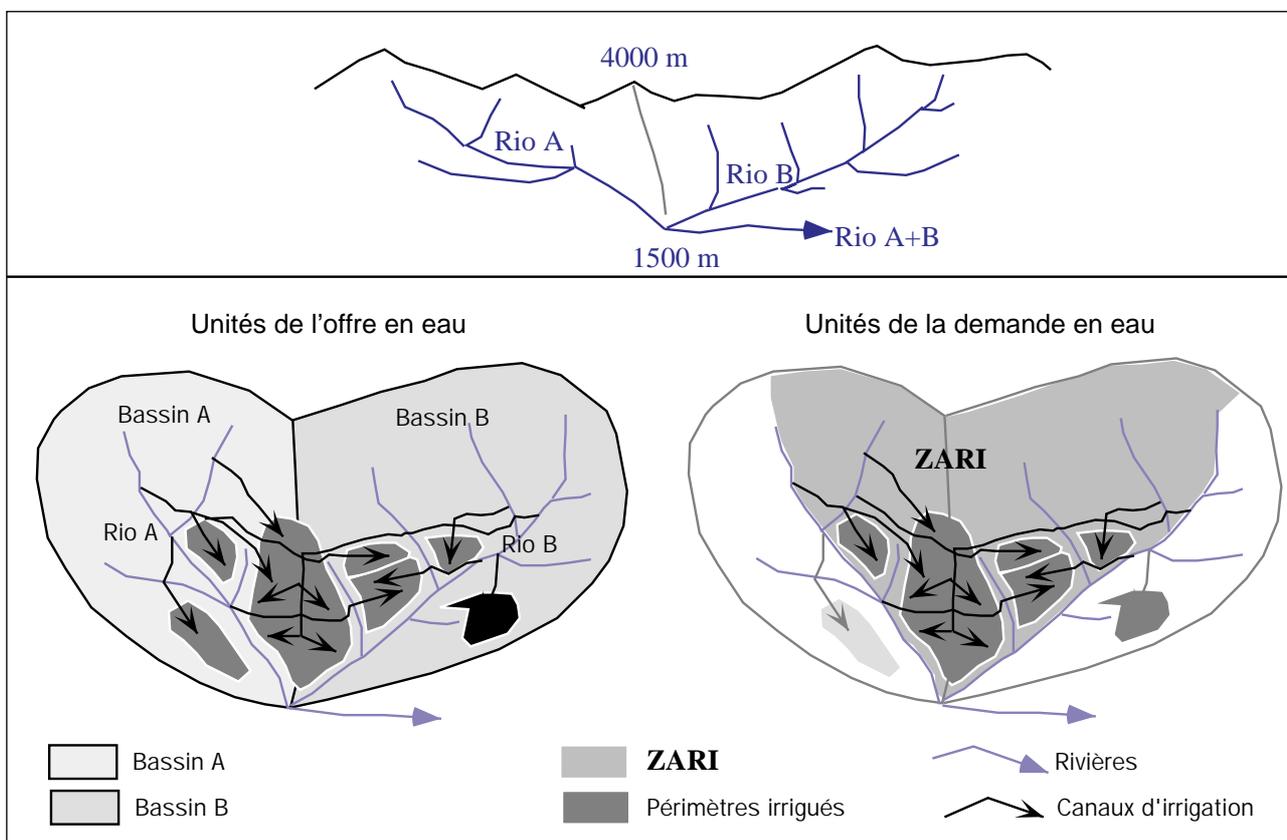


Figure 2. Schéma des bassins versants unitaires et de l'interfluve (ZARI : Zone d'analyses et de recommandations pour l'irrigation).

fonciers et les associations d'usagers assurent le fonctionnement quotidien des dispositifs dont ils ont la charge. Ils s'estiment toujours les seuls véritables détenteurs. Cependant, rares sont les gestionnaires qui disposent d'une bonne connaissance de la répartition des eaux dans la ZARI.

La diversité des milieux agroécologiques s'exprime parfaitement dans l'unité spatiale de la ZARI, comme le montre le cas d'Urcuqui : les gradients thermiques et pluviométriques et l'aptitude des espèces cultivées donnent lieu à un zonage

du versant aménagé en étages froid, tempéré et chaud. Même si la sécheresse est permanente dans l'étage chaud (1 500 à 2 200 m ; pluviosité annuelle : 560 mm ; évapotranspiration potentielle : 1 400 mm), où domine la canne à sucre, le recours à l'irrigation existe aussi dans les étages supérieurs. Dans l'étage tempéré, où se concentre l'habitat rural (2 200 à 2 800 m ; PA : 800 mm ; ETP : 1 240 mm), deux saisons sèches sont très marquées certaines années. La récolte du maïs pluvial est alors compromise. L'irrigation ap-

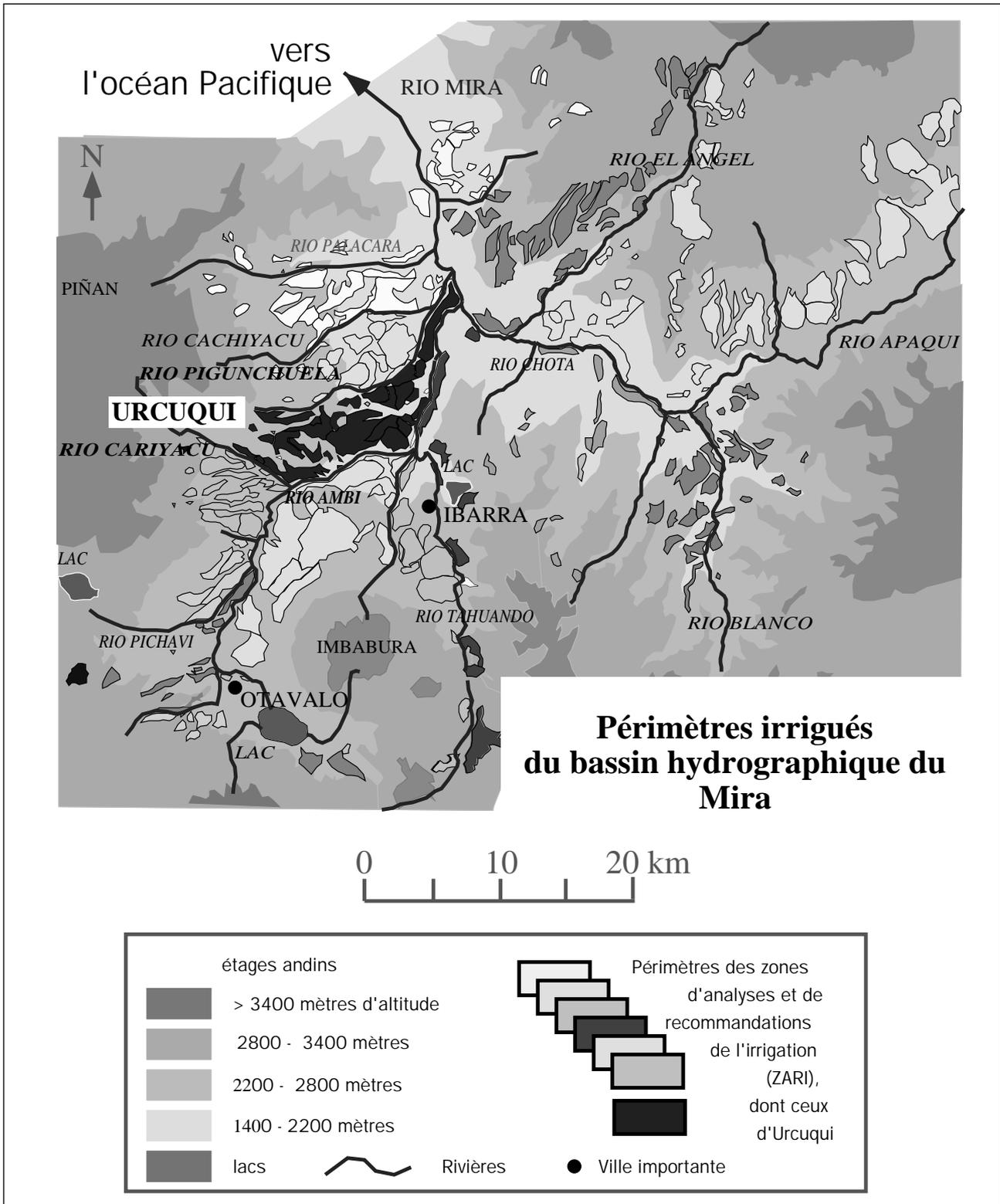


Figure 3. Carte des périmètres inventoriés dans un bassin hydrographique du nord des Andes équatoriennes.

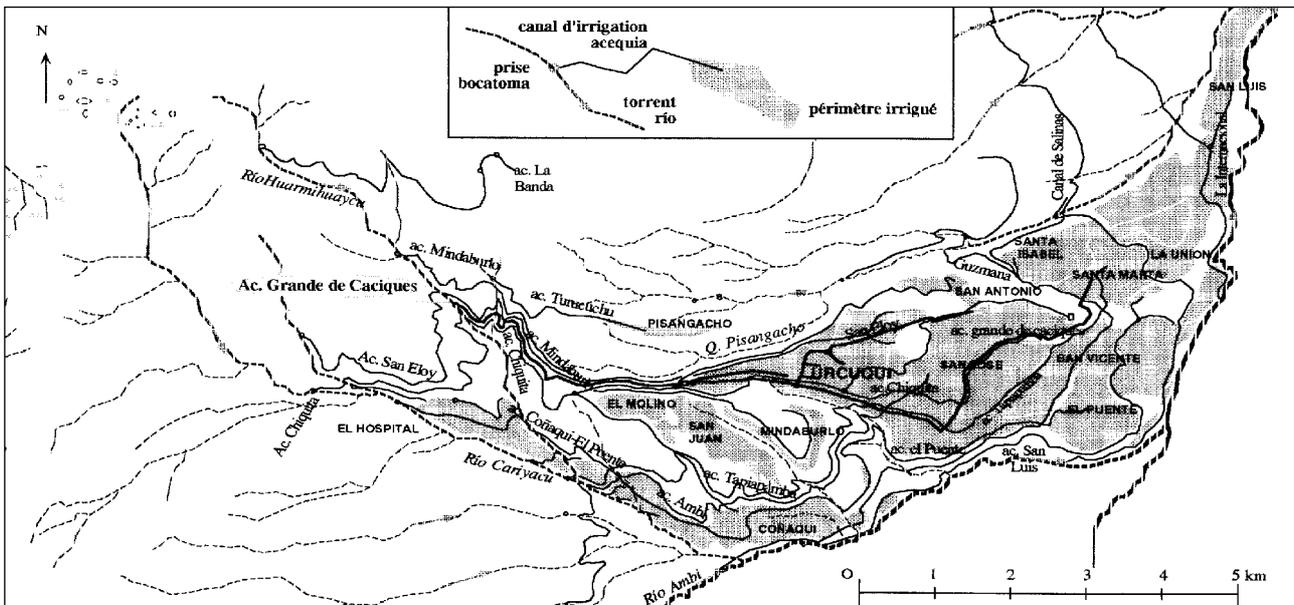


Figure 4. Réseau hydrographique, canaux d'irrigation et périmètres de la ZARI d'Urcuqui.

paraît comme la condition de l'intensification de l'agriculture. On retrouve depuis quelques années la nécessité d'apport artificiel d'eau dans l'étage froid, pourtant le plus arrosé (2 800 à 3 200 m ; PA : 980 mm ; ETP : 1 140 mm), pour trois raisons. La frontière agricole progresse vers les crêtes des Andes, puisqu'il n'y a guère de terres disponibles dans les autres étages. L'allongement des cycles culturaux induit pour les plantes plus de risques de connaître un épisode sec. Le décalage des cycles et la prise de risques sur certaines spéculations contribuent aussi à la demande en eau d'irrigation, sans que celle-ci soit forcément satisfaite puisque la mise en valeur des terrains est récente, et postérieure à l'appropriation des ressources hydriques.

On comprend que la diversité des agricultures pratiquées sur un espace restreint se traduise par des besoins en eau difficilement quantifiables au jour le jour pour l'ensemble de la ZARI. Les principes de l'adéquation entre demande en eau des plantes et décision d'arrosage s'accordent mal avec ces ensembles de réseaux ramifiés. D'autres dynamiques gouvernent l'irrigation traditionnelle de montagne placée dans une situation de raréfaction relative de la ressource hydrique : face à la compétition qui règne pour l'appropriation de l'eau entre les usagers reconnus, ceux qui aspirent à l'être et au sein de l'ensemble des usagers eux-mêmes, les modes de gestion s'appuient sur un système juridique de reconnaissance de droits d'eau fondé sur des textes notariés et des concessions publiques, un principe d'équité des charges de gestion en fonction des droits et une organisation pratique pour appliquer le tour d'eau.

Les bilans

L'inventaire des systèmes d'irrigation organisé par ZARI dans chaque grand bassin hydrographique comporte une cartographie au 1/50 000 et une base de données sur les prises, les canaux et les périmètres (Le Goulven *et al.*, 1992). En complément des caractéristiques hydrauliques, figurent des indicateurs sur les unités de production et l'agri-

culture pratiquée dans chaque périmètre, ainsi que des références sur l'organisation sociale qui gère le système. Ce travail descriptif ouvre la voie des bilans régionaux de l'irrigation traditionnelle.

Une première valorisation consiste à définir le domaine de validité d'un type de dysfonctionnement. Par exemple, on peut localiser les périmètres à faibles dotations, avec une agriculture paysanne d'autosubsistance et une situation conflictuelle entre usagers.

Une autre valorisation est attendue avec les bilans entre l'offre et la demande en eau au niveau des bassins versants unitaires et des ZARI. Les données climatiques nécessaires à ces calculs proviennent de l'analyse des séries disponibles par la méthode du vecteur régional : on génère des chroniques en tout point d'une région par pondération avec les séries représentatives des stations de mesure (Le Goulven *et al.*, 1988). Le pas de temps est mensuel. Les débits des cours d'eau sont estimés à partir de modèles de transformation de pluies-débits (Pourrut, 1980). La comparaison avec les concessions des canaux traditionnels du bassin et la demande en eau des superficies irrigables permet de distinguer les zones et les périodes les plus critiques.

Une troisième utilisation de l'inventaire est l'établissement de bilans économiques aux plans des régions, des étages agroécologiques et des ZARI (productions, revenus). L'information provient du service de statistiques agricoles national (SEAN). Les enquêtes sont réalisées chaque année sur un échantillon de blocs de parcelles identifiés sur photographies aériennes. Par référence aux cartes de l'irrigation, on peut distinguer les blocs appartenant à un périmètre irrigué et ceux des zones sèches. On peut alors restructurer les données sur les rendements des principales cultures avec les conditions d'irrigation (Haberstock et Ruf, 1992). Par exemple, pour le bassin hydrographique du Mira, le rendement du maïs grain de 1987 était en moyenne de 540 kilogrammes par hectare. Après analyse, en situation pluviale, le rendement moyen est voisin de 400 kilogrammes par hectare alors qu'en situation irriguée il est proche de 700 kilogrammes par hectare.

L'histoire de l'irrigation et les règles de gestion actuelles

Les règles actuelles de gestion dépendent des règles formulées lors de la construction des réseaux. Celles-ci ont pu être ajustées ou totalement réformées à certaines époques de la vie du système. Les archives historiques nationales et régionales s'avèrent riches en documents notariés et comptes rendus de procès sur l'eau. Ces informations ne peuvent être interprétées qu'en rapport avec l'inventaire détaillé des infrastructures actuelles dans une ZARI (Ruf et Nuñez, 1992).

L'expérience acquise à Urcuqui montre que les réseaux ont été progressivement établis à partir d'initiatives locales (Ruf, 1993). Certains auteurs estiment que l'irrigation précoloniale était très développée en Équateur (Caillavet, 1983 ; Knapp, 1987). Cependant, à Urcuqui, les premiers canaux remontent au XVI^e siècle et leurs fondateurs sont des caciques indiens. Aux XVIII^e et XIX^e siècles, les grandes propriétés coloniales (haciendas), après avoir pris le contrôle des ouvrages anciens, fondent de nouveaux canaux en s'appropriant des ressources hydriques éloignées et non encore captées. L'État intervient seulement comme arbitre des litiges entre les usagers des différents systèmes d'irrigation. Au XX^e siècle, certaines haciendas disparaissent au profit des communautés paysannes, vendues en lots ou expropriées par la réforme agraire (1960-1970). Les règles de partage de l'eau aujourd'hui en vigueur reflètent l'histoire de chaque réseau. Dans les systèmes les plus anciens, les droits des caciques subsistent encore certaines journées et sont reconnus pour une minorité d'usagers par la communauté toute entière, alors que celle-ci élabore un tour d'eau sur une base associative et égalitaire. En revanche, dans les réseaux fondés par des haciendas, la vente des terrains par lots s'accompagne de la vente des droits d'eau, inscrits au registre de la propriété. Les paysans distinguent toujours clairement les règles de gestion : l'eau "communautaire" doit être distribuée à tous selon un ordre établi, même si certaines journées sont réservées à un règlement encore plus ancien. L'eau "achetée" parviendra à ceux qui ont un titre légal de propriété.

Dans les réseaux publics, les haciendas disposent d'une concession en débit continu, qui ne pose guère de problèmes de gestion. Cependant, dans les secteurs de petite propriété, l'État n'a pas reconnu aux usagers un droit d'eau spécifique. La précarité de l'accès à l'eau contribue à l'échec relatif des projets d'irrigation publique dans le monde paysan partout où l'irrigation traditionnelle préexistait. Pourtant, l'intervention publique est bien admise lorsque le projet amène l'eau dans des sites non aménagés antérieurement : les siphons industriels ont permis le désenclavement de terrains d'accès difficile. L'État est encore bien accueilli là où les conflits sur l'eau ne sont pas résolus par le jeu des règles anciennes. Pour éviter une trop grande raréfaction de l'eau, certaines communautés paysannes, mal desservies, abandonnent leur canal traditionnel pour le nouveau canal de l'État. Pour autant, l'investissement public consenti est sans rapport avec la valorisation agricole de l'eau. En effet, un hectare aménagé par l'État lui coûte entre 5 000 et 10 000 dollars alors que le produit brut

moyen d'une culture de maïs ne représente guère plus que 300 dollars et que l'eau est facturée 10 dollars par hectare et par an.

La modélisation de l'économie agricole d'une ZARI

A partir des connaissances sur les infrastructures d'une petite région, sur les activités agricoles pratiquées (cultures et élevages) et sur les règles de partage de l'eau entre tous les usagers, on peut représenter le cadre économique de la population rurale par un modèle : l'ensemble des ressources mobilisées pour se nourrir et générer un revenu agricole est équilibré par l'ensemble des contraintes relatives à la production, la terre, l'eau, le travail, la diète alimentaire, le bilan fourrager. Dans la mesure où toutes les ressources sont bornées et limitantes (terre agricole, terre irrigable, eau, travail, capital vif et capital mort), le jeu d'équations permet de simuler l'impact d'une raréfaction de l'une d'elles, en particulier l'eau.

L'écriture matricielle des équations du logiciel GAMS (General algebraic modeling system) de la Banque mondiale facilite la construction de modèles à plusieurs centaines d'équations (Sabatier *et al.*, 1991). La résolution est un processus itératif de calcul en fonction d'un objectif assigné au modèle, en l'occurrence la maximisation du revenu net agricole de la population. Les relations décrites sont linéaires.

L'économie de la ZARI est structurée par les trois étages agroécologiques : l'étage chaud, où domine le système de production sucrier des haciendas ; l'étage tempéré, où domine l'agriculture paysanne irriguée ; l'étage froid, où coexistent l'élevage extensif des haciendas et les cultures vivrières des paysans. Dans chaque étage, on distingue la population propriétaire de ses moyens de production et celle qui ne les possède pas. Dans un premier temps, les activités ont été décrites sur une base annuelle. Actuellement, le modèle générique ZARI.GAMS est fondé sur des bilans hydriques mensuels — en utilisant les données des vecteurs climatiques régionaux — et des bilans fourragers saisonniers (Ruf *et al.*, 1992). La combinaison optimisée des activités économiques tient compte des mois les plus limitants.

Un tel jeu d'équations sert à simuler l'impact de la dégradation de l'offre en eau du système régional, scénario plausible sur le plan climatique, mais aussi au vu de l'histoire hydraulique, marquée par des conflits successifs sur la ressource. Il permet également de simuler l'accroissement de l'offre en eau à partir d'une politique d'aménagement hydraulique supplémentaire. La figure 5 montre les effets induits par l'offre en eau sur l'assolement de l'étage tempéré d'Urcuqui. En cas de faible diminution de la ressource en eau (- 10 à - 20 %), la luzerne, très grande consommatrice d'eau, est l'activité qui régresse le plus. En cas de forte crise hydrique (- 40 à - 50 %), le maïs pluvial et le maïs irrigué extensif deviennent dominants. En cas d'accroissement de l'offre, les activités d'élevage dominant à tel point que les terres pluviales sont mises en culture pour produire la base alimentaire de la population et valoriser une force de travail peu employée dans les prairies irriguées.

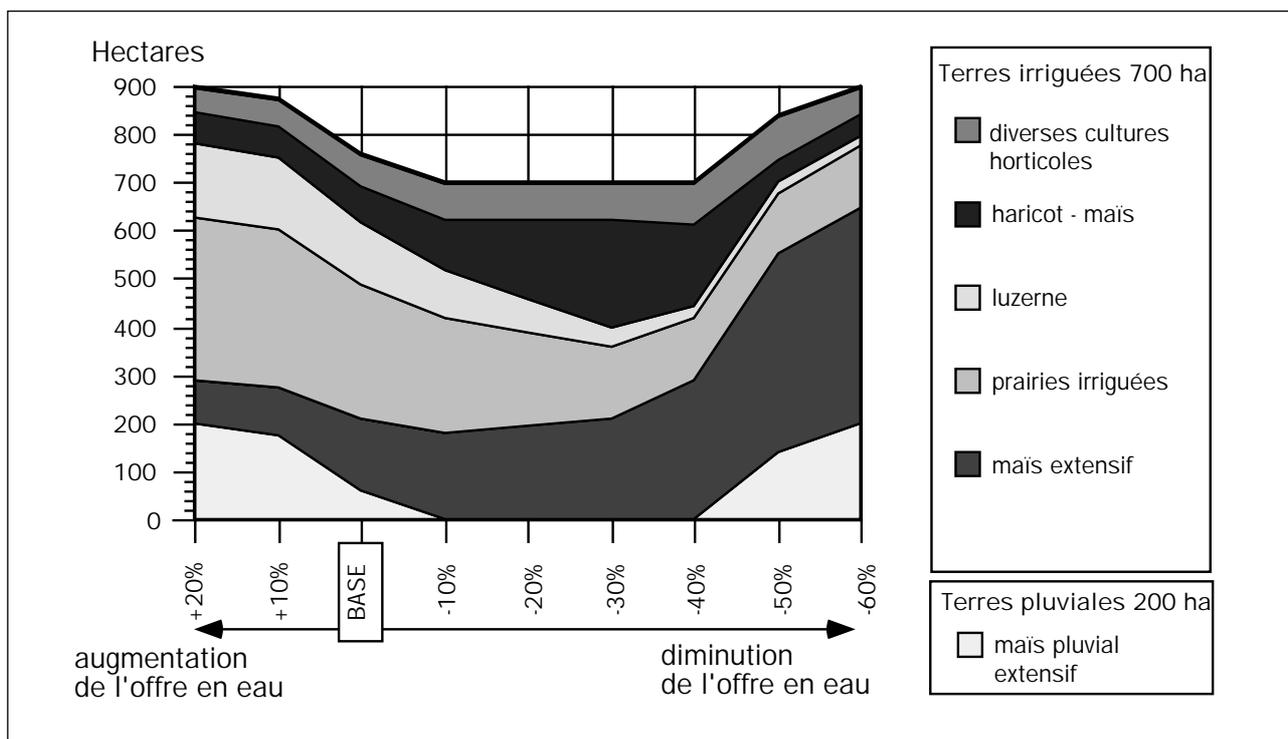


Figure 5. Modélisation de l'économie agricole d'Urcuquí. Impacts de l'offre en eau sur l'assolement optimal des terres de l'étage tempéré, entre 2 200 et 2 800 mètres d'altitude (activités, conditions et prix de l'année 1991). Le revenu net moyen par exploitation est stable, aux environs de 430 dollars par an et s'infléchit vers -30% pour tomber à 330 dollars).

L'État équatorien étudie des projets d'adduction d'eau dans le couloir interandin à partir des versants extérieurs, au moyen de tunnels de plusieurs kilomètres sous les crêtes. Le modèle calcule l'effet économique d'un tel projet, sous des hypothèses explicites : la structure des prix en vigueur est stable et aucun changement conséquent ne se produit dans les relations sociales. Dans ces conditions, la simulation relativise l'impact économique des grands projets hydrauliques et permet de réfléchir aux seuils pour lesquels le surplus d'eau n'apporte plus d'intérêt, ou, au contraire, aux crises générées par le manque d'eau. Enfin, la modélisation permet de discuter des règles de partage de l'eau entre les divers étages agroécologiques en proposant différentes affectations des ressources.

Conclusion

L'Équateur connaît actuellement une période de réformes économiques et sociales inspirée par des politiques dites d'ajustement structurel, visant à réduire les interventions de l'État dans les relations économiques. Dans le domaine de l'hydraulique agricole, une nouvelle loi sur l'eau va changer le cadre légal qui régissait l'appropriation et la gestion des ressources en eau.

La formulation des mesures de libéralisation concerne essentiellement l'irrigation publique et le transfert des charges vers les usagers. Les outils de représentation des structures et de la gestion de l'irrigation traditionnelle permettent de discuter l'impact de ces décisions politiques et économiques, en particulier sur le plan de la privatisation des ressources en eau et des ouvrages hydrauliques et sur celui du règlement des conflits. La loi de 1973 reposait sur

le principe de gestion équitative et forcée des ressources en eau, sans garantie de droit pour les usagers. La nouvelle gestion des ressources s'orienterait vers la création d'un marché de l'eau, avec une reconnaissance légale de l'appropriation individuelle des ressources en eau.

Références bibliographiques

- Caillavet C., 1983. Toponimia histórica, arqueología y formas prehispánicas de agricultura en la región de Otavalo, Ecuador. *Bull. Fr. Etudes andines*, 83, XII (3-4) : 1-21.
- Gondard P., 1985. L'utilisation des terres dans les Andes équatoriennes, de l'inventaire à la dynamique des transformations. *Les cahiers de la recherche-développement*, 85(6) : 45-54.
- Knapp G., 1987. Riego precolonial en la Sierra Norte. *Debate, revista del CAAP*, Quito, 87(14) : 17-45
- Jimenez B., 1986. *Apresiasiões breves sobre el estado del sector riego en Ecuador*. Quito, Equateur, BID, 10 p.
- Haberstock F., Ruf T., 1992. *Détermination des productivités des activités agricoles de base*. Quito, ORSTOM, INERHI, 35 p.
- Le Goulven P., Aleman M.A., Osorno I., 1988. Homogénéisation et régionalisation pluviométrique par la méthode du vecteur régional. In : *Quinto congreso de hidráulica del Ecuador*. Quito, Equateur, Asoc. Ecuat. de Hidráulica, 21 p.
- Le Goulven P., Ruf T., Ribadeneira H., 1989. Traditional irrigation in the Andes of Ecuador. 1) research and planning. 2) dysfunctions and rehabilitation. In : *7th afro-asian regional conf., Tokyo, 15-25/10/1989*. Japon, ICID, p. 351-371.
- Le Goulven P., Ruf T., Dattée E., Linossier I., Gilot L., 1992. *Localisation, organisation et caractérisation de l'irrigation dans les Andes équatoriennes : bassin du Mira, synthèse* (tome VI). Quito, ORSTOM, INERHI, 192 p.
- Pourrut P., 1980. Estimation de la demande en eau du secteur agricole et des disponibilités pour la satisfaire, éléments de base pour la planification de l'irrigation en Equateur. *Cahiers de l'ORSTOM, série hydrologie*, 80 (XVII-2) : 91-127.

- Ruf T., Le Goulven P., 1987. L'exploitation des inventaires réalisés en Equateur pour une recherche sur les fonctionnements de l'irrigation. *Bulletin de liaison du département H - ORSTOM*, 87(12) : 30-48.
- Ruf T., Le Goulven P., Sabatier J.-L., 1992. *Modélisation de l'économie agricole dans un espace irrigué. Méthodologie de la construction d'un modèle économique avec GAMS*. Quito, Equateur, ORSTOM, INERHI, 34 p.
- Ruf T., Nuñez P., 1991. Enfoque histórico del riego tradicional en los Andes ecuatorianos. *Memoria*, 91(2) : 185-281.
- Ruf T., 1993. La maîtrise de l'eau par une société andine équatorienne : dilemme entre innovation de gestion et conservation des ressources hydriques. Urcuqui. 1) la fondation ancienne des réseaux d'irrigation ; 2) le partage de l'eau au XX^e siècle. *In : Innovations et sociétés, 13-16 septembre 1993, Montpellier*. CIRAD, ORSTOM, 22 p.
- Sabatier J.-L., Ruf T., Le Goulven P., 1991. Dynamiques des systèmes agraires irrigués anciens, représentations synchroniques et diachroniques ; l'exemple d'Urcuqui en Equateur. *Les cahiers de la recherche-développement*, 91(29) : 30-44.
- USAID, 1983. *Irrigation and AID's experience: a consideration based on evaluation*. Washington, USA, AID program evaluation report n°8.
- Whitaker M.D., Alzamora J., 1990. El riego y el desarrollo agropecuario. *In : El rol de la agricultura en el desarrollo económico del Ecuador*. M.D. Whitaker ed., Quito, Equateur, IDEA, p. 211-253.f