

DYNAMIQUES DES SYSTEMES AGRAIRES IRRIGUES ANCIENS : REPRESENTATIONS SYNCHRONIQUES ET DIACHRONIQUES. L'EXEMPLE D'URCUQUI EN EQUATEUR.

Jean-Luc SABATIER*, Thierry RUF**, Patrick Le GOULVEN**

RESUME

Les réseaux d'irrigation anciens représentent dans le monde près de la moitié des superficies irriguées et la majorité des paysans utilisant l'irrigation produisent sous ces canaux au passé parfois millénaire. Délaissés par le développement moderne, méconnus des chercheurs, ces réseaux connaissent pour une grande part des difficultés de fonctionnement. La réhabilitation de ces systèmes semble constituer un thème majeur pour le développement agricole des prochaines décennies.

Des chercheurs engagés dans une réflexion sur les réhabilitations de réseaux de montagne en Equateur témoignent de la complexité des dysfonctionnements, proposent des outils pour comprendre les évolutions en combinant une approche diachronique des réseaux et une représentation synchronique des systèmes agraires.

Une modélisation d'un système agricole irrigué local a été réalisée ax-ante dans le but de promouvoir une négociation sur le changement technique et social entre les partenaires des réhabilitations, administrations de l'eau et associations de paysans.

MOTS-CLES

Modélisation - Hydraulique Agricole - Gestion de l'eau - Economie - Réhabilitation - Andes - Equateur

INTRODUCTION

De la réhabilitation de systèmes irrigués anciens....

La réhabilitation des systèmes irrigués anciens constitue l'exercice le plus difficile en matière d'innovation agricole. Elle exige un effort de compréhension et de représentation de l'existant sans précédent. Or, très souvent, les politiques concernées visent à faire table rase du passé. Aujourd'hui réhabiliter c'est d'abord effacer l'ancien.

Pourtant réhabiliter, au sens étymologique, ce n'est pas simplement rénover mais c'est aussi rétablir dans leurs droits un groupe de personnes, ce qui oblige à s'intéresser au minimum à leur histoire.

Réhabiliter c'est avant tout reconnaître qu'il y a crise de reproduction d'un système et non simple crise d'adaptation, ce système ne pouvant évoluer seul de ses propres forces sans courir à la destruction. Un système irrigué est, en effet, un construit social, historiquement constitué. Le réseau qui le sous tend, même complexe, acquiert de façon évidente son intelligibilité par l'histoire. Cette lecture essentielle permet une approche non réductrice et donne à l'espace irrigué sa signification réelle : espace aux enjeux multiples, anciens et complexes, dont la face actuelle n'est qu'une étape d'une crise ancienne à une crise nouvelle attendue et redoutée.

* CIRAD - CNEARC
** ORSTOM.

Mais si la recherche historique diachronique permet une approche de l'évolution de cette complexité, elle n'a pas la fonction de développer une théorie de la réhabilitation.

Malgré les discours, il faut bien reconnaître que l'on tâtonne et qu'il est nécessaire de mettre en œuvre d'autres formes de représentations dont les contradictions théoriques ne manquent pas, mais qui ont la vertu de leur simplicité et quelquefois de leur efficacité.

Un système irrigué est en fait un système agraire local ou régional dont la représentation synchronique est toujours possible. Le chercheur peut tenter alors un exercice de modélisation dont la finalité est, à partir de la simulation de la sensibilité des paramètres de fonctionnement du système agraire au demeurant très simplifié, de saisir ses marges d'évolution : mobilisation du travail, artificialisation du milieu, assolement, relations agriculture-élevage, niveaux de production, de consommation et d'échanges. La validité des résultats dépend bien entendu de la qualité du modèle.

A partir de la synthèse de ces deux approches diachronique et synchronique, on peut espérer proposer des solutions particulières à un problème de réhabilitation ; en clair, rechercher les innovations possibles et nécessaires qui permettront au système en question de franchir la crise actuelle, voire de prévenir une nouvelle crise, avec toutes les réserves théoriques qu'on peut émettre sur ce type d'approche.

La connaissance de l'histoire d'un réseau, dont on ne donnera ici qu'une vision très fragmentaire, et d'un modèle linéaire permettent de simuler l'influence soit de changements et d'innovations soit de crises dans la gestion de l'eau : impact possible de nouvelles dotations sur les systèmes de production. Ces résultats techniques sont ensuite mis en relation avec les dynamiques sociales identifiées.

I — REPRESENTATION DES SYSTEMES AGRAIRES

1. Les problèmes de représentation

lourdes et
difficilement lisibles

ou au contraire trop
simplifiées

connaissance du
système par enquêtes

mais aussi par
documentation

La représentation de systèmes agraires s'appuie généralement sur des méthodes descriptives parfois très lourdes, dans l'acquisition des données comme dans le traitement de l'information. Le diagnostic aboutit à une représentation illisible (grands tableaux, grands schémas de fonctionnement), non quantitative et non opérationnelle : il est difficile de prendre des décisions à la lecture de ces documents. Parfois la représentation a été simplifiée dans le but de la rendre lisible, mais la caricature produite ne reflète guère l'importance du dispositif de recherche et d'acquisition de l'information, ou bien, si tel était l'objectif, ne justifie probablement pas ce dispositif lourd.

La démarche diachronique complète, voire précède la démarche synchronique. Les sources d'informations se trouvent dans différentes archives historiques régionales et locales. La méthode d'investigation se base sur une très bonne connaissance du système agraire actuel acquise par enquêtes et observations de terrain (associées aux consultations bibliographiques et techniques disponibles, comme les éléments décrivant les milieux physiques, le climat...). On recherche ensuite une situation de référence dans la documentation ancienne, pour laquelle on dispose de suffisamment d'informations. Dans la mesure du possible, la situation idéale est la reconstitution du système agraire avant aménagement hydro-agricole. On cherche alors à reconstituer les étapes des aménagements, dont le déroulement n'est pas « linéaire » mais est le reflet des successions de crises, de restructuration et de phases de croisière.

La finalité de cet exercice est bien entendu la représentation la plus claire et la plus précise possible du système agraire irrigué (technologies, relations sociales, productivités, partage des surplus).

Une modélisation à caractère économique a l'avantage de la simplicité même si elle n'est pas apte à traduire tous les comportements sociaux.

DÉFINITIONS DES CONCEPTS ET PROBLÈMES DE REPRÉSENTATION DE SYSTÈMES AGRAIRES IRRIGUÉS ANCIENS.

1) Théorie des systèmes d'irrigation restreinte en tant que systèmes sociaux de gestion de l'eau

- **Système agraire** : système d'exploitation de la nature historiquement constitué pour satisfaire les besoins d'une population à une époque donnée (MAZOYER, 1985).

- **Système irrigué** : situation particulière où l'artificialisation du milieu permet de diminuer fortement les risques climatiques.

- **Système d'irrigation ancien** : situation où la phase principale de l'artificialisation est terminée, impulsée dans le cadre de relations socio-économiques précapitalistes par une autorité sociale aménagiste.

- **Réseau d'irrigation** : résultat de la chaîne opératoire transformant l'eau de pluie en eau d'arrosage et comprenant toujours collecte, transport, distribution et application de l'eau. Au sein du réseau la division sociale du travail est généralement forte entre production de l'eau et utilisation.

- **Système d'irrigation restreinte** : situation où pour des raisons multiples le réseau n'occupe pas tout l'espace utilisable pour la production agricole.

Un système irrigué a longtemps été considéré comme la réponse courante à une explosion du facteur démographique (BOSERUP, 1970) prenant modèle sur les sociétés d'Asie du Sud (Inde et Pakistan) : l'innovation forcée. Aucune vision historique ne sous-tendait ce modèle, ce qui en limitait la portée mais avait le mérite, après l'échec des révolutions vertes, de renvoyer à la réflexion d'auteurs ayant traité du sujet. En particulier WITTFOGEL apportait, dès 1930, une contribution importante à l'étude des sociétés hydrauliques. Reprenant les travaux de MARX sur la mode de production asiatique, il décrit les sociétés hydrauliques comme des formations sociales despotiques. Ces sociétés (Chine, Egypte, Sumer) reposent sur un pouvoir central fort et des masses laborieuses nombreuses, des castes de spécialistes tributaires du pouvoir central, éligibles et révocables.

Historiquement, les pouvoirs centraux ont cherché à étendre leur influence par le droit, les réalisations hydrauliques toujours plus complexes ou même par la conquête de systèmes hydrauliques périphériques (empire Inca, Royaume d'Açoka à Sri Lanka). Ces sociétés ont longtemps résisté au mode de production capitaliste dominant.

On ne peut transposer l'analyse de WITTFOGEL aux systèmes restreinte en l'absence de despotisme institutionnel. Nous faisons toutefois l'hypothèse que toutes les sociétés ayant un patrimoine hydraulique ancien ont connu, dans leur passé, une transition asiatique qui réalisait la première étape d'édification hydraulique : seigneurie banale dans la France méditerranéenne et la Catalogne au XI^e et XII^e siècle; encomienda espagnole aux débuts de la colonisation en Equateur.

L'originalité de la thèse de WITTFOGEL n'est pas tellement la vision despotique, mais la possibilité de battre en brèche le modèle agricole de développement de l'hydraulique. L'origine de l'hydraulique ne se situerait peut être pas dans les strictes contingences de la production agricole mais serait la rencontre de deux mondes méfiants, hostiles quelquefois : ville-campagne, seigneur-paysans... que tout oppose mais qui vont coopérer de façon étroite par l'alchimie des procédures et des règlements. Aussi la phase initiale de création des réseaux est-elle importante à saisir. Elle fixe, en général, un droit écrit auquel se référeront toutes les parties prenantes des futurs conflits d'utilisation des eaux.

Les étapes d'évolution sont aussi autant de clefs de compréhension qu'il est difficile d'éluder. Le problème central n'est pas celui de l'évolution des pratiques d'arrosage, si intéressant sur le plan ethnographique, mais bien l'évolution des dotations et de la distribution qui est le reflet des rapports sociaux de production. Il s'agit, par exemple, de savoir quand et comment on est passé d'une distribution de l'eau de type «clanique» à un tour d'eau rationnel marquant l'individualisation des processus de production. Qu'est-ce qui fait, comme le dit BÉDOUCHA (1984), que «L'eau est l'amie du puissant !»

On peut schématiser un système irrigué comme un système social de gestion de l'eau qui s'appuie sur :

- Un savoir hydraulique et agronomique (évaluation de la ressource, captage, transfert, réseau, partage, application, besoins en eau des cultures, fréquence, travail) ;

- Une division du travail entre les acteurs chargés de produire en irriguant et les acteurs chargés d'amener l'eau dans les meilleures conditions.

- Une autorité hydraulique assurant : des fonctions d'enregistrement de droits d'eau, des fonctions de transmission de droits, des fonctions de police de l'eau, des fonctions de maintenance hydraulique, des fonctions de partage des charges (en travail et financières).

Cette autorité maintient aussi les principes de la démocratie hydraulique : elle applique à tous le règlement contractuel, les règles sont équitables, contraignantes tout en assurant des marges de liberté et d'adaptation, la concentration des droits est rejetée, la demande sociale en eau peut évoluer (nouvelles orientations agricoles, nouveaux acteurs) et amener une renégociation des accès à l'eau, l'offre en eau peut diminuer et susciter un équitable partage du déficit, l'autorité hydraulique peut être révoquée si elle n'assure pas ces fonctions.

Si le système vise bien entendu à minimiser le risque hydrique à un moment donné, comme le précisait la première définition, il n'en était pas forcément de même à l'origine. Au Moyen Age on a construit des canaux pour les moulins et la force hydraulique (droit d'eau : molino en catalan) ; l'utilisation de ces canaux pour l'irrigation est plus tardive.

L'irrigation, même restreinte, est avant tout ce « construit social », obéissant à des règles anciennes, jamais totalement figé mais évoluant souvent au sein de rapports sociaux de production stables. Dans les sociétés précapitalistes, ce construit social revêtait la forme d'une institution communautaire, avec une division des tâches entre les producteurs pratiquant les arrosages et les responsables de la reproduction hydraulique, recrutés souvent dans l'élite paysanne, à la dévotion d'un groupe de puissants, comme dans les formes despotiques des sociétés asiatiques.

Cette institution garantissait à l'utilisateur son droit et la réalisation pratique de ce droit. A ce titre elle était reconnue comme autorité sociale et, en temps qu'autorité, elle pouvait exiger un travail et une ponction sur la production pour servir à la reproduction, voire à l'élargissement du système.

2) Classification des systèmes agraires irrigués anciens

Elle repose en première approche sur une typologie géographique selon les critères suivants :

- la géomorphologie (montagnes, plaines alluviales, deltas...) et l'hydrographie (régimes torrentiels, fluviaux avec crue, oueds, et utilisation de ressources souterraines) ;
- les climats (zones arides, semi-arides, saison sèche particulière dans une zone à forte pluviométrie) ;
- l'ampleur des réseaux d'irrigation constitués (gestion de l'eau plus ou moins complexe pour la mobilisation, le transport, la répartition, la distribution de l'eau) ;
- l'ancienneté des aménagements (technologies de l'irrigation, organisations sociales, règles de fonctionnement) ;
- la situation démographique actuelle ;
- les types d'agriculture (paysannes, grandes unités de production, intégration dans les marchés régionaux, nationaux ou mondiaux).

3) Hypothèse de dysfonctionnements

La vie d'un système d'irrigation évolue souvent vers une saturation relative de la ressource :

- Les demandes sociales de nouveaux acteurs rendent plus complexe l'application des règles anciennes et augmentent les risques de dysfonctionnements.
- L'individualisation des processus de productions et de décisions agricoles, entre en contradiction avec la structure communautaire de gestion du réseau.

Le processus de saturation est complexe. La demande de nouvelles règles correspond souvent à des changements fondamentaux de pôles de spécialisation entre des cultures à cycles courts et besoin en irrigation fréquente et des cultures avec des besoins radicalement différents. Il s'accompagne en général de crises fortes et de procès nombreux.

L'hypothèse sur laquelle se fondent nos recherches peut être formulée de la manière suivante :

- La gestion des systèmes irrigués anciens a été établie sous des rapports sociaux précapitalistes, dans des conditions démographiques différentes de celles connues aujourd'hui.
- Elle a été soumise aux changements agro-économiques liés aux intégrations des économies paysannes aux marchés mondiaux et aux processus d'individualisation des exploitations familiales paysannes.
- Elle repose aujourd'hui en partie sur des autorités bureaucratiques établissant de nouvelles règles de droit sur les eaux.

Cela se traduit par l'apparition de dysfonctionnements (conflits, crises) :

- dans la mobilisation de l'eau (compétition sur les ressources) ;
- dans la maintenance des ouvrages pour garantir les transferts d'eau prévus (participation des parties prenantes en efforts de travail et en capital) ;
- dans la répartition des dotations entre groupes, périmètres (justice dans les règles de dotation, et formes de contournement) ;
- dans la distribution au sein d'un périmètre (règles du tour d'eau et des respects de celles-ci).

L'ensemble des risques de dysfonctionnements de gestion des réseaux amène les agriculteurs, selon leur situation (trajectoire) à prendre des décisions stratégiques : choix de systèmes de culture (compte tenu d'obligations éventuelles d'assolements où l'extérieur de l'environnement paysan peut jouer un rôle fondamental : ex. paysan en métayage, imposition d'une sole collective, imposition d'une culture de rente, etc).

dynamiser l'image
du système

Plus spécifiquement, la modélisation de l'économie dans un système agraire a pour but, connaissant les bases techniques et économiques des agricultures pratiquées, d'en donner une image dynamique, dans le cadre d'échanges en partie monétarisés. Le modèle vise à quantifier les activités de base (production, consommations, ventes, échanges de travail, échanges de produits) retrouvant l'équilibre économique local actuel. Son utilisation permet de cerner les effets induits par des changements progressifs des conditions de production, en l'occurrence en agissant sur la satisfaction des besoins en eau. Mais l'écriture du modèle est telle que les paramètres peuvent être modifiés et actualisés (ajouter une activité nouvelle, redéfinir les coûts et les prix unitaires, créer de nouvelles contraintes ou règles, etc.). Par la quantification et par son aspect dynamique, la modélisation est une représentation du système agraire qui permet le dialogue et qui appuie la prise de décisions.

Mais ce n'est pas simplement un artefact.

le modèle
économique rend
compte des sociétés
paysannes

L'étude des systèmes agraires d'économie paysanne repose en général sur la caractérisation des groupes sociaux homogènes et de ceux qui sont antagonistes. Elle relève de l'anthropologie sociale. Aux sociétés paysannes étaient attachées autrefois des particularismes idéologiques «Part society with part cultures» (KROEBER, 1948) qui faisait percevoir l'analyse économique comme inopérante dans le champ des sociétés paysannes. Aujourd'hui économistes et anthropologues s'accordent sur la définition de sociétés paysannes de transition : les paysans sont considérés comme étant des communautés isolées et autosuffisantes et pouvant pleinement s'intégrer à l'économie de marché (ELLIS, 1988). Ainsi le modèle économique fait partie des représentations anthropologiques possibles.

Cette idée est sensible dans l'économie néoclassique mais aussi déjà chez CHAYANOV qui, à travers les trajectoires multiples d'une vie d'une unité de production, examine non seulement les ajustements internes à l'environnement économique : accès au travail, à la terre, au capital, trésorerie... mais aussi le cheminement social et le choix des individus. L'économie classique et néoclassique ont largement développé l'idée de choix en développant le concept de coût d'opportunité et d'avantages comparés.

changement social et
représentation
économique ne sont
pas incompatibles

D'après les théories marxistes, l'opposition anthropologie-économie est dépassée par la notion de rapports sociaux de production. Tout changement social et/ou changement technique naît de la contradiction entre le développement des forces productives et l'évolution des rapports sociaux de production. Le changement ne se produit qu'à l'épuisement des «combinaisons de toutes les forces productives au sein des anciens rapports de production», c'est-à-dire la limite possible de l'activité de production d'un ou plusieurs groupes sociaux.

Cette approche est bien connue des économistes comme un problème d'allocation des ressources sous «contraintes sévères». La programmation linéaire est alors une méthode opératoire pour étudier l'allocation des ressources entre cellules de production-consommation quand les intrants sont limités en quantités physiques (ELLIS, 1988).

L'édifice mathématique de la programmation linéaire sous-tend que les fonctions de production sont linéaires. Il fixe le niveau de production en fonction du facteur le plus limitant : terre, eau, capital, travail. Ces deux points offrent de nombreux inconvénients : d'une part les réponses aux stimuli biologiques sont rarement linéaires, d'autre part, on ne sait pas vraiment quand le travail devient le facteur limitant en économie paysanne. La modélisation est inévitablement sommaire.

même si la
représentation est
trop schématique

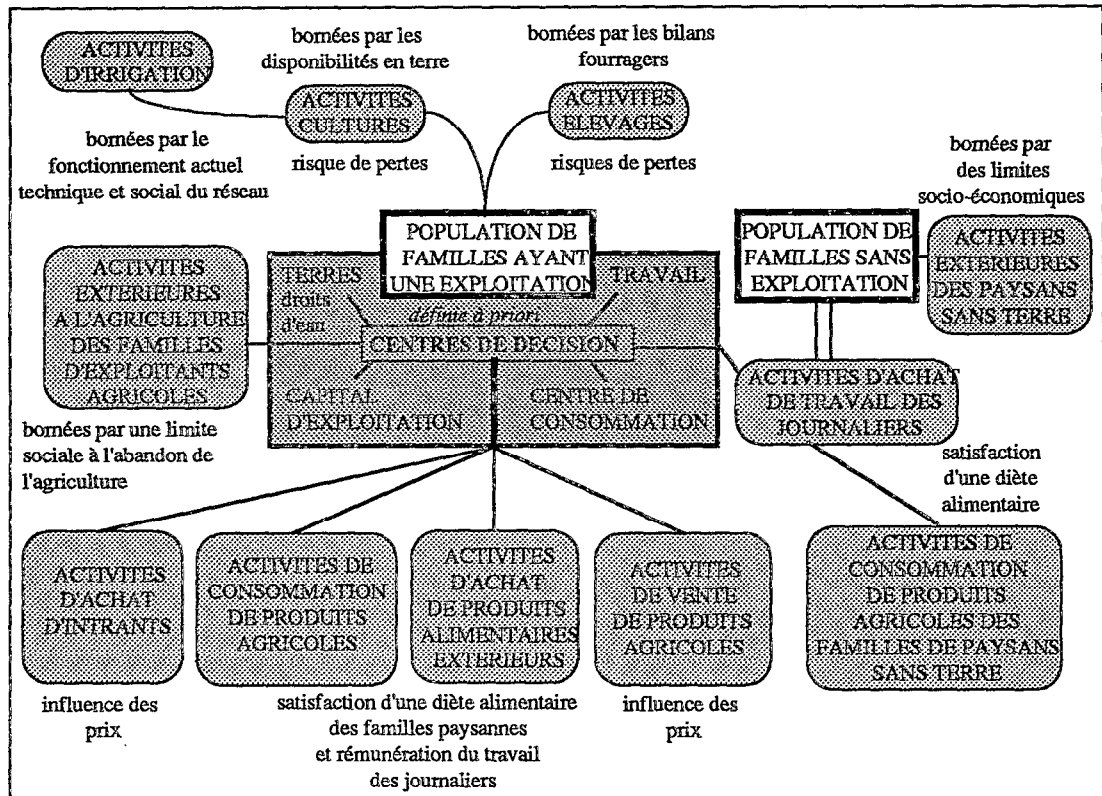
On peut toujours implicitement rejeter la fonction de maximisation du programme linéaire en arguant que le profit n'est pas moteur de l'économie paysanne : on peut alors fabriquer d'autres fonctions d'utilité (maximiser des stocks alimentaires ou des consommations sociales, introduire des objectifs des appareils d'Etat, etc...).

On peut également se demander où réside l'intérêt de ne pas représenter les différents acteurs du système agraire dans le modèle (le modèle URCUQUI prend en compte des travailleurs journaliers et des cellules de production non structurellement significatives). Il serait illusoire à notre avis de vouloir schématiser toutes les relations sociales de production à travers un programme linéaire et s'il existe évidemment des conflits dans l'accès aux ressources, les limites de production dans une société

aux rapports sociaux de production établis restent rigoureusement les mêmes. En définitive, la démarche nous permet d'appréhender l'effet du changement technique sur le surplus en univers certain (prix, marché) mais non la répartition sociale de ce surplus, approchée par d'autres méthodes. Ce modèle apparaît comme un outil évolutif dans sa conception (on peut améliorer sa construction au fur et à mesure des connaissances sur la région) et dans son utilisation (on peut actualiser les simulations en fonction des circonstances nouvelles). Mais, en cas de changement de système agraire, rupture de relations de production, changement démographique brutal, etc, il faut construire un nouveau modèle.

2. Le modèle proposé pour Urcuqui (Fig.1)

Fig. 1 — Schéma général de la modélisation d'un étage agro-écologique



Les types d'activités sont :

- Activités de production végétale, ex : culture du maïs extensif.
- Activités de production animale, ex : atelier de porcs.
- Activités d'artificialisation du milieu, ex : irrigation.
- Activités d'échanges économiques, ex : auto-consommation, achat et vente de céréales alimentaires.
- Activités de la population: travail agricole ou extérieur, migration...

Chacune de ces activités a un coût unitaire si elle représente une dépense pesant sur les charges d'exploitation, ou bien un prix unitaire si elle contribue au revenu agricole.

Chaque activité «consomme», «produit», est «contrainte» par des limites de fonctionnement et joue dans des bilans de fonctionnement du système agraire.

Ces notions sont traduites par les «intrants» définis pour construire la matrice du modèle : eau, terre, capital.

En outre, un risque empirique est attaché aux différentes activités de production végétale du modèle lié aux problèmes d'irrigation d'été (risque d'interruption de services, risques liés à la longueur des tours d'eau...), aux incertitudes des marchés, aux calamités agricoles. Il est exprimé en proportion des superficies touchées par ces risques, et en pertes financières (pertes globales de récolte). De la même manière, on a établi un risque sur la production animale (part d'Unités Animales touchées et pertes sèches sur ces incidents de production).

On cherche à optimiser le modèle, c'est à dire à trouver la meilleure combinaison d'activités sur la base d'un choix économique préalable, celui de maximiser le revenu agricole de la population tout en garantissant son alimentation. Mais il faut respecter certaines contraintes comme les limites de superficies disponibles, les dotations en eau d'irrigation existantes, les disponibilités en travail. Pour rendre compte des équilibres qui régissent le «modèle agraire», on calcule des bilans sur les assolements, les besoins hydriques, le travail, les achats d'intrants, la satisfaction de la diète alimentaire, l'utilisation des productions.

II — L'EXEMPLE DU SYSTÈME AGRAIRE D'URCUQUI DANS LES ANDES ÉQUATORIENNES.

1. Présentation du système agraire d'Urcuqui

Les systèmes agraires irrigués andins du nord de l'Equateur sont caractérisés par :

climat d'altitude

- Un climat tropical d'altitude à deux saisons sèches ; la pluviométrie varie de 300 à 1000 mm de l'étage subtropical (1 500-2 200 m) à l'étage tempéré (2 200-2 800 m) et à l'étage froid (2 800-3 200 m). A 2 000 mètres d'altitude, une analyse fréquentielle de la pluie fait apparaître un déficit hydrique mensuel compris entre 70 et 100 mm toute l'année. Cependant les périodes de février-mars et octobre-novembre peuvent être considérées comme sub-humides ($P > ETP/2$) favorables aux semis en pluvial. L'irrigation, dans l'étage tempéré est une irrigation de complément. Elle est assurée par la réserve en eau que constituent les *paramos* des hauts bassins d'altitude régulièrement arrosés (Ambi, Huarmihuaycu et Cariyacu).

relief tourmenté

- Un relief d'altiplano volcanique structuré par deux cordillères et entaillé par un réseau hydrographique torrentiel agressif avec création de gorges isolants les terroirs agricoles, constitués sur andosols (texture légère).

- Une présence de réseaux d'irrigation nombreux et denses utilisant des débits de quelques litres à quelques centaines de litres par seconde, à partir de torrents à régimes incertains.

- Un démarrage ancien des aménagements. La phase initiale de construction se situe dans la deuxième partie du XVI^e siècle pour les premiers canaux, les aménagements se poursuivant jusqu'au XX^e siècle.

population mélangée

- Une démographie forte dans l'étage tempéré (de l'ordre de 300 hab./km²), moyenne dans l'étage subtropical (100 hab./km²) et faible dans l'étage froid (60 hab./km²). Indiens, descendants d'espagnols, noirs et métis forment une population composite, travaillant dans des structures d'exploitation diverses, minifundios, petites exploitations et haciendas.

Le système agraire est appréhendé au niveau d'un espace d'aménagement cohérent : la zone d'analyses et de recommandations pour l'irrigation («ZARI»). C'est l'unité spatiale de la mobilisation, du transport et de l'utilisation de l'eau d'irrigation : c'est l'espace de la demande en eau (RUF, LE GOULVEN, 1987). La ZARI est historiquement constituée comme un espace social de production de l'irrigation.

2. Situation actuelle du système agraire

un système d'irrigation restreinte

La ZARI d'Urcuqui comprend les trois étages bioclimatiques. Le village de paysans métis se trouve dans la zone tempérée à 2 300 mètres d'altitude. Environ 225 familles paysannes utilisent un finage de quelques 320 hectares où ils pratiquent une polyculture plus ou moins associée à l'élevage. Par ailleurs, dans cet étage, des haciendas, et des petits propriétaires de «fincas» exploitent encore près de 400 hectares irrigués par divers canaux, le plus souvent sous forme de pâturages, et 200

une zone froide

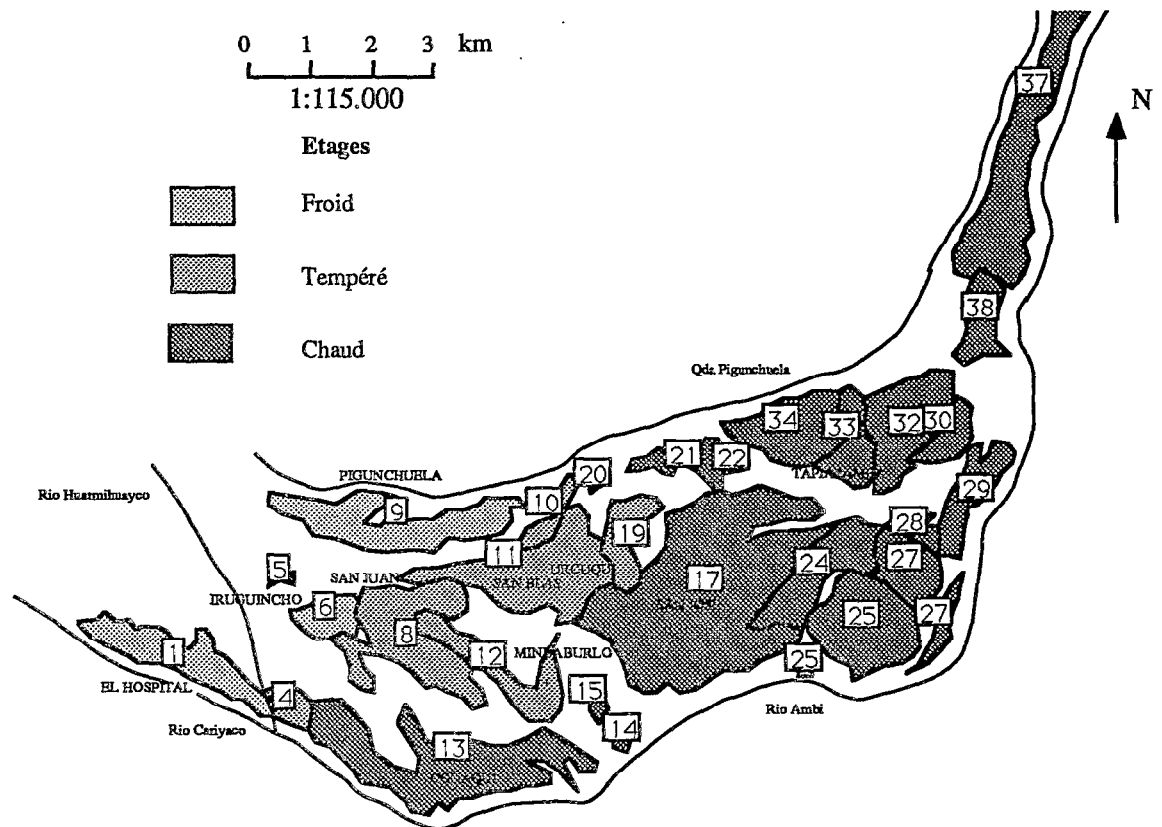
une zone subtropicale

hectares en sec où l'on tente une culture de maïs très risquée.

Au dessus du périmètre villageois, une population métis et indienne vit dans l'étage froid (1 000 hectares en sec et 500 hectares pouvant être irrigués par de petits canaux). Une réserve fourragère de 1 000 hectares de prairies de haute altitude existe au dessus de l'espace cultivé (paramo). Le système d'exploitation dominant est l'hacienda d'élevage bovin extensif.

En dessous du village d'Urcuqui, s'étend une vaste zone subtropicale de 3 300 hectares irrigués et exploités par de grandes haciendas de canne à sucre et d'élevage. Ils disposent de canaux d'irrigation propres, certains traversant la zone tempérée, d'autres provenant directement de la rivière Ambi (canaux suivant les courbes de niveaux ; ayant leur prises loin en amont, et des infrastructures d'une certaine ampleur, tunnels, aqueducs, etc.)

Fig. 2 — Plan de situation de la ZARI d'URCUQUI, espace social de l'aménagement hydro-agricole depuis 1582 jusqu'à nos jours.



3. Représentation diachronique du système agraire d'Urcuqui

les colons organisent les premiers systèmes hydrauliques

Du début des travaux d'aménagement à nos jours, quatre siècles se sont écoulés. Dans le nord des Andes équatoriennes, dans la deuxième partie du XVI^e siècle les colons espagnols (souvent des monastères jésuites), des chefs indiens (caciques), et certaines communautés ont établi les premiers systèmes hydrauliques conséquents (canaux transférant de l'eau sur plusieurs kilomètres) en concentrant leurs efforts sur le haut bassin du rio Huarmihuyco puis Carihuayco. Entre les haciendas elles-mêmes, et avec les villageois, une sorte de course à l'appropriation des ressources de ces bassins se développa, jusqu'à épuisement des disponibilités d'étiage. Les conflits jouaient autant sur la mobilisation de l'eau et le droit d'ouvrir une prise en amont d'un système existant, que sur les tracés des canaux et sur la reconnaissance des droits de chacun sur tel ou tel apport.

le village établit son canal

mais des conflits éclatent

Le canal du village d'Urcuqui fut établi en 1582 par 115 familles indiennes dont certaines étaient caciques («nobles») appuyées par le curé espagnol. Dès 1586, un premier conflit éclate entre le village et des colons espagnols et se résoud par un partage des droits au profit de ces derniers, contre la prise en charge de la maintenance du canal de 15 kilomètres de long. Au XVII^e siècle, un nouveau conflit oppose le village à un capitaine espagnol qui essaie de s'approprier les eaux de

Caciques. Ce n'est qu'à la fin du XVIII^e siècle que la quasi totalité du débit est appropriée par deux grandes haciendas, le village ne conservant l'eau qu'un dimanche sur deux pour un usage domestique. Au début du XX^e siècle, les villageois font valoir leurs droits anciens (minutes judiciaires des procès passés), mais échouent en 1927. Enfin, avec l'appui d'intellectuels originaires du village et établis à Quito, ils obtiennent la restitution complète des droits en 1945.

Sur la base d'une règle de répartition proportionnelle à la surface (3 heures par hectare pour une main d'eau de 33 litres par seconde), les chefs de famille ont souscrit en fonction de leur richesse et de la confiance en la pérennité des droits sur le canal de Caciques, un droit ou un demi-droit par parcelle. Les familles Caciques ont conservé leur droit ancien (un dimanche sur deux). La toute nouvelle Junta de l'eau, chargée d'assurer le contrat social autour de l'eau, s'est appuyée sur un ingénieur de l'administration (Caja Nacional de Riego) pour établir un tour d'eau (1948). Elle délègue aux aigadiers le soin de faire respecter les droits de chacun. Au cours des années, la situation a évolué vers un allongement du tour d'eau (21 à 25 jours au lieu des 14 jours prévus à l'origine). Parmi les causes invoquées, figurent l'atomisation du foncier et la relative indivisibilité des droits d'eaux attachés à chaque parcelle, la croissance inégale des différents quartiers d'irrigation. Du côté des haciendas d'altitude ou de l'étage subtropical, l'irrigation est pratiquée à partir de canaux indépendants du canal de Caciques (à une exception près), créés au XVIII^e, XIX^e et XX^e siècles. Leurs propriétaires entretiennent des conflits pour maintenir en état les ouvrages et parfois pour se répartir l'eau.

l'administration assure la gestion du contrat social autour de l'eau.

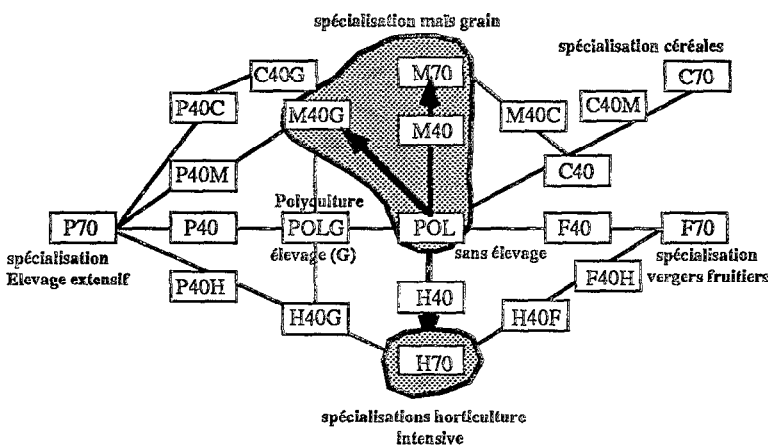
4. Représentation synchronique du système agricole irrigué d'Urcuqui

des systèmes de production complexes

D'une manière générale, les hacendados comme les paysans se plaignent d'un manque d'eau, et souhaiteraient obtenir de l'administration des eaux (INERHI) des débits concédés aux prises plus importants, voire même un projet nouveau d'irrigation (transfert par tunnel de 12 kilomètres de ressources extérieures à la ZARI). Par ailleurs, l'histoire des réseaux montre une certaine fragilité en cas de mésentente sur la gestion des canaux, conduisant à une crise hydraulique et une réduction importante des efficacités de transport et de distributions des eaux d'irrigation par réduction des activités de maintenance.

Fig. 3 — Modèles de production des petites exploitations paysannes dans l'étage tempéré du bassin du Mira.

L'axe horizontal représente le travail - L'axe vertical le capital
 C = céréale H = horticulture M = maïs P = prairies POL = polyculture
 F = verger G = association avec élevage 70 = plus de 70 % de la SAU
 40 = entre 40 et 70 % de la SAU



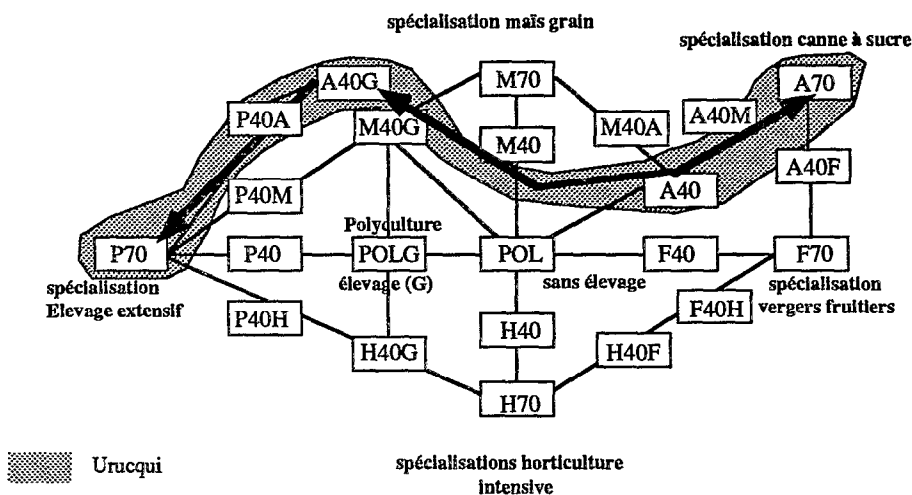
Urcuqui

Les systèmes de production des paysans de l'étage tempéré ont évolué depuis les années 1950 vers trois pôles de spécialisation : la monoculture de maïs grain extensif, base alimentaire traditionnelle dans cet étage, le maïs grain associé à l'élevage bovin ou porcin, et un pôle plus intensif en travail associant des cultures spéculatives (horticulture, succession de maïs récolté en épis frais - choclo - et de haricot - frejol -) (Fig. 3). La productivité est faible en terme de rendement, de revenu du travail et du capital d'exploitation limité. Les achats vivriers récurrents nécessitent le recours au travail à l'extérieur de l'agriculture (artisanat, migrations temporaires). Malgré l'irrigation, il existe des risques, en particulier sur le plan agronomique (variétés, problèmes phytosanitaires, maîtrise de la fertilisation) et sur le plan économique (trésoreries, marchés). La situation conjoncturelle des taux de change entre la Colombie voisine et l'Equateur, a gonflé le secteur spéculatif spécifiquement sur le haricot sec.

a tous les étages

Les haciendas de l'étage subtropical se sont spécialisées très anciennement dans la production sucrière artisanale (blocs de sucre de Panela). L'irrigation leur était indispensable tant pour la culture que pour la force hydraulique alimentant les moulins à sucre (trapiche). Une partie des haciendas a conservé cette activité, aujourd'hui concurrencée par les entreprises agro-industrielles de la Costa. L'autre partie s'est progressivement reconvertie vers l'élevage bovin laitier sur prairies irriguées. Dans cet étage, la place des paysans est toujours réduite. Cependant, récemment quelques haciendas ont été démantelées en petits lots, à l'occasion de successions, phénomène qui semble devoir s'étendre (Fig. 4)

Fig. 4 — Modèles de production des haciendas de l'étage subtropical dans le bassin du Mira.
 A = canne à sucre F = vergers fruitiers H = horticulture M = maïs P = prairies POL = polyculture
 G = association avec élevage 70 = plus de 70 % de la SAU 40 = entre 40 et 70 % de la SAU



Enfin, les haciendas de l'étage froid pratiquent l'élevage extensif d'altitude, en s'appuyant sur des ressources fourragères doubles : prairies de haute altitude et pâturages irrigués là où on a pu créer une infrastructure. Une économie paysanne d'agriculture pluviale, fondée sur l'orge et les tubercules, témoigne de l'ancien système agricole andin. Privés des ressources en eau de la ZARI, les paysans font des demandes de concessions sur les canaux existants, notamment le canal de Caciques.

5. Simulation des dysfonctionnements hydrauliques

Le modèle utilise la programmation linéaire de «GAMS», logiciel développé par la Banque Mondiale. Il décrit l'économie des trois étages à partir de 133 activités de base (production, consommation, achats, ventes, échanges de travail et irrigation).

La matrice des coefficients techniques a été constituée à partir des données statistiques et d'enquêtes, de suivis menés à Urcuqui et dans la région du nord de l'Equateur (projet INERHI-ORSTOM). Pour certaines activités, faute de données connues, on a évalué des valeurs au cours de la phase de calage du modèle, phase qui consiste à retrouver la situation actuelle en termes d'assolement, d'échanges, de revenus...

Sur la base des dotations concédées, en cours dans les trois étages de la ZARI, on a simulé l'impact de l'augmentation et la diminution des débits par paliers de 10 % sur les activités et le revenu agricole net.

Fig. 5 — Evolutions du revenu global agricole (tous étages confondus)

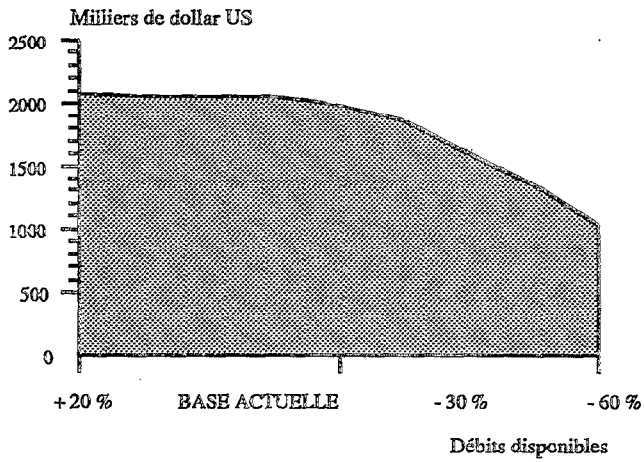


Fig. 6 — Revenu agricole net moyen par UPA dans l'étage froid (hors autoconsommation).

Nb : ce résultat moyen élevé est lié aux revenus élevés des haciendas d'élevage. Il cache la situation des familles paysannes en autosubsistance, dont les revenus sont comparables à ceux de l'étage tempéré.

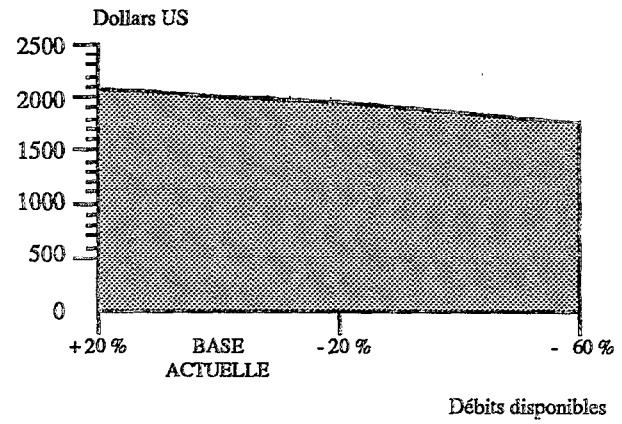


Fig. 7 — Revenu agricole net moyen et autoconsommation par UPA dans l'étage tempéré.

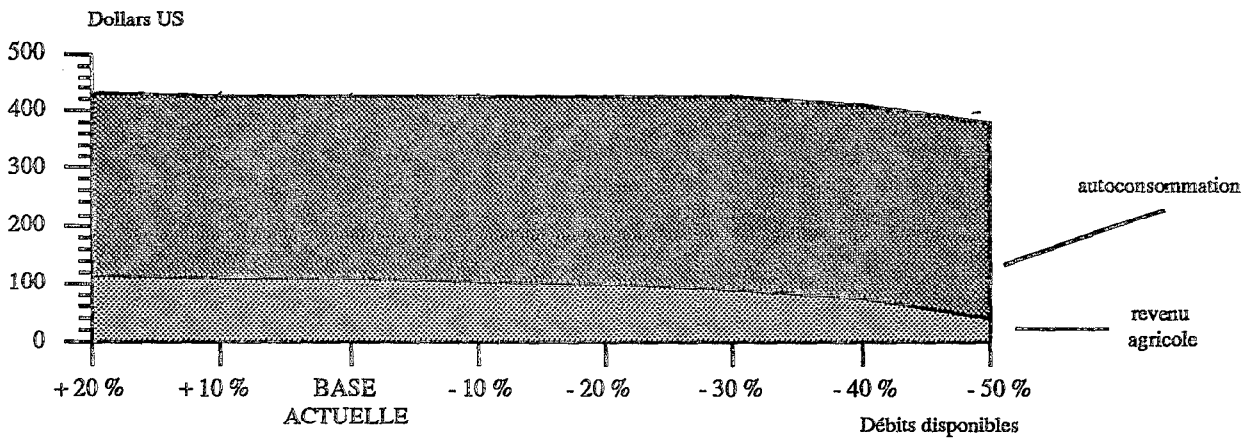
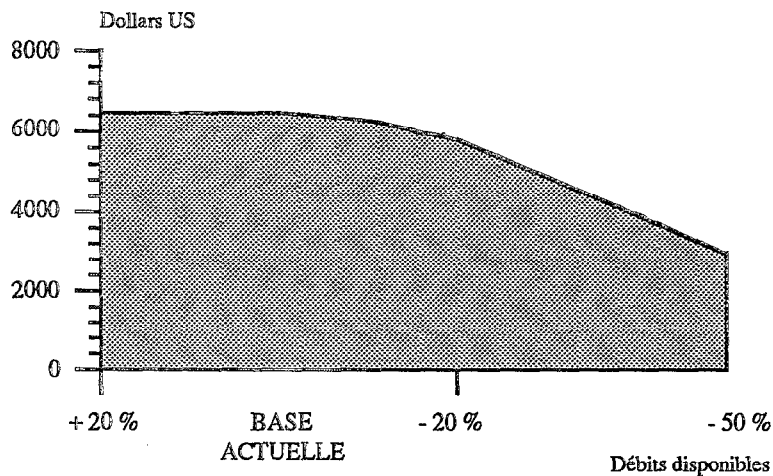


Fig. 8 — Revenu agricole net moyen par UPA de l'étage subtropical.



Les résultats des simulations sont les suivants :

l'étage froid peu sensible aux crises d'eau

- On constate la faible sensibilité des revenus de l'étage froid et tempéré aux changements de dotation.

l'étage tempéré se replie sur une économie vivrière

- Dans l'étage froid, les activités pluviales sont dominantes dans tous les cas (voir évolution de la Fig. 6).

ou intensifier l'espace irrigué

- Dans l'étage tempéré, l'essentiel du revenu agricole est constitué par l'autoconsommation, incompressible dans le modèle.

- Dans le cas de crise des réseaux avec pertes importantes de dotation (> 40 %), espace pluvial et espace irrigué se confondent dans leur orientation : maïs extensif (plus de 60 % de la SAU), avec un élevage familial associé, surtout porcin. Il y a un replis sur l'économie vivrière, marqué en particulier par un plus grand nombre de journées de travail consacré à l'agriculture.

- Dans le cas de tension plus faible sur les dotations, liée par exemple à des conflits entre groupes de paysans amenant une incertitude sur les modules d'irrigation, on évite la spécialisation sur l'espace irrigué en combinant cultures vivrières d'autoconsommation, fourrages et cultures spéculatives. Cette orientation se fait en concentrant le travail sur l'espace irrigué, l'espace pluvial étant délaissé.

- Dans le cas où la dotation s'accroît au dessus du niveau actuel, on favorise l'extensivité du système : la reproduction alimentaire est à nouveau rejetée sur l'espace pluvial ; les activités spéculatives sont limitées ; une grande place est faite à l'élevage bovin et aux prairies naturelles sur l'espace irrigué. Le travail ainsi libéré autorise d'autres activités hors de l'agriculture.

L'augmentation de la dotation ne produit pas forcément une intensification de l'agriculture irriguée, mais sa simplification. Si le revenu agricole reste stable, les activités d'échanges économiques baissent. La gestion de l'eau à terme pose des problèmes importants tant au niveau de l'application de l'eau dans les prairies naturelles qu'au niveau de la distribution.

ou développer des cultures spéculatives

- Dans tous les cas, il existe des risques importants de pertes de récolte concernant un tiers environ de l'assolement. Sans préjuger des risques économiques, risques hydrauliques et agronomiques peuvent être minimisés par une meilleure efficacité de la distribution : équité des dotations familiales, régulations des modules délivrés et abaissement des fréquences. Une simulation effectuée sur la réduction des risques de 20 % par l'abaissement des fréquences d'irrigation nécessitant la mise en place d'un nouveau tour d'eau montre une progression des cultures spéculatives, surtout l'association maïs-haricot, une réduction des activités d'élevage à la contrainte d'autoconsommation et de reproduction de la fertilité, et un accroissement du revenu net de 50 %, soit un gain notable de trésorerie.

l'élevage subtropical est peu sensible

- Dans l'étage subtropical, la combinaison d'activités où dominent la canne à sucre (2/3) et le pâturage irrigué (1/3) n'est pas sensible à des variations de dotations de plus ou moins 20 %. Au delà de moins 20 %, la chute des mises en cultures est proportionnelle au déficit, la prairie disparaissant rapidement. Le risque est faible (environ 10 % de la superficie touchée). Cette situation permet d'envisager des transferts de dotation vers des secteurs en difficultés.

Fig. 9 - Evolution de l'assolement de l'étage froid en fonction des dotations en eau.

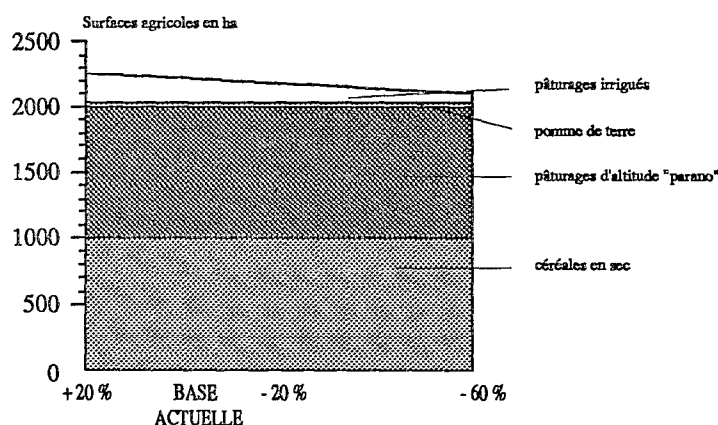
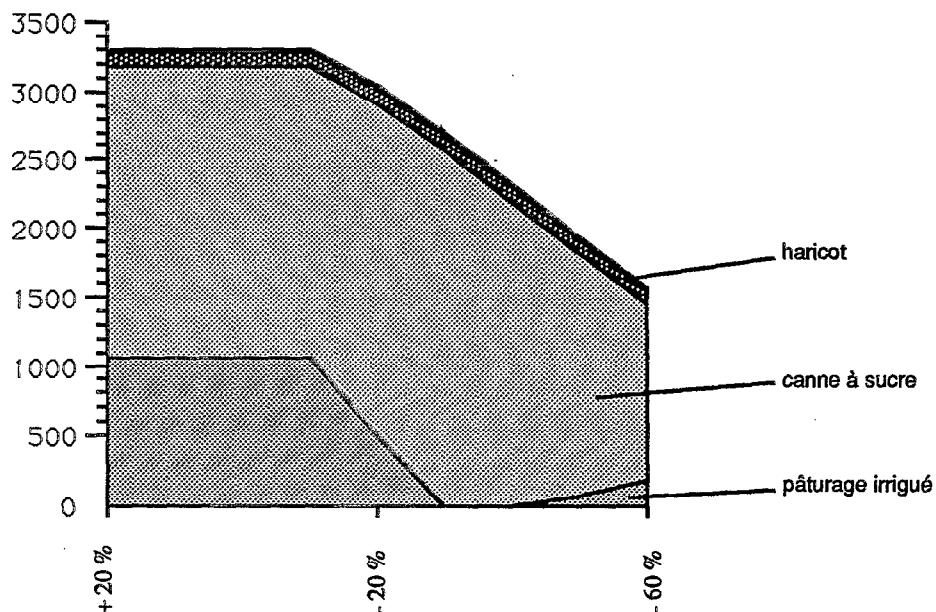


Fig. 10 — Evolution de l'assolement dans l'étage tempéré en fonction des dotations en eau.



Fig. 11 — Evolution de l'assolement de l'étage sub-tropical chaud en fonction des dotations en eau.



CONCLUSION

1. Un effort de recherche et formation.

La modélisation sous GAMS apporte de grands espoirs à tous les agronomes, économistes et personnes concernées par l'analyse de systèmes agraires et l'impact des changements des conditions de l'agriculture sur les zones intéressées.

Elle permet de mieux réfléchir aux relations entre différents espaces et systèmes. Elle autorise une actualisation et une révision relativement facile des simulations.

En Equateur, le projet ORSTOM-INERHI compte développer d'autres modèles, en particulier celui des zones très denses du Tungurahua, en partant toujours des connaissances acquises sur la ZARI pilote de Santa Rosa-Pilahuin.

2. Les limites de la modélisation.

L'édifice mathématique de la programmation linéaire sous-tend que les fonctions de production sont linéaires. Il fixe le niveau de production en fonction du facteur le plus limitant : terre, eau, capital, travail. La modélisation est inévitablement sommaire. Mais il permet, sur le plan méthodologique des allocations de ressources, d'approcher assez clairement les contraintes exercées sur la production par les limites des ressources disponibles. Mais, comme nous avons déjà insisté la dessus, en cas de changement de système agraire, rupture de relations de production, changement démographique brutal, etc, il faut construire un nouveau modèle.

BIBLIOGRAPHIE

BEDOUCHA G., 1984. L'eau, l'amie du puissant. PARIS : LHOMOND

BOSERUP, E., 1970. Evolution agraire et pression démographique. Paris : Flammarion, Nvelle Bibliothèque Scientifique, 222p.

BROOKE A., KENDRICK D., MEERAUS A., 1988. GAMS (General Algebraic Modeling System), a user's guide. Redwood City, USA : BIRD, The Scientific Press, 289 p.

ELLIS F., 1988. Peasant economy. Wye college, Wye studies in agricultural and rural development.

HUNT D., 1979. Chayanov model of peasant household resource allocation». In: Journal of development studies Vol 15.

KROEBER A.L., 1948. Anthropologie. New-York : Harcourt, Brace & Co.

LE GOULVEN P., RUF T., RIBADENEIRA H., 1987. Méthodologie générale et détails des opérations du projet ORSTOM-INNERHI. Quito : INNERHI, ORSTOM, 91p (esp, fr.).

MAZOYER M., 1985. Rapport de synthèse du comité Systèmes agraires. Paris : Min. Recherche et Technologie, 16 p.

RUF T., Le GOULVEN P., RIBADENEIRA H., 1990. Principaux problèmes du diagnostic sur les réseaux traditionnels andins en Equateur. Com. Séminaire «Gestion de l'eau et adéquation des technologies en région andine», Concytec, Cajamarca (Pérou), 21-26 janvier 1990, 13 p. (version française et espagnole)

RUF T., 1990. Agricultures dans le Bassin du Mira, essai sur une classification et une caractérisation des modèles de production andins. Quito : ORSTOM, INNERHI. Document de travail du projet.

WITTFOGEL, 1933-1956 (2^{ème} édition). Le despotisme asiatique. Paris : Editions de minuit.

Dynamics of old irrigated agrarian systems: synchronic and diachronic representations. The example of Urcuqui in Ecuador. — J. L. SABATIER, T. RUF, P. LE GOULEN.

Nearly half of irrigated areas in the world are supplied by old irrigation networks, and the majority of farmers using irrigation use canals which are sometimes up to a thousand years old. These systems are not concerned by modern development and little-known by researchers and experience considerable operating difficulties. The rehabilitation of these systems would appear to be a major topic for agricultural development in the coming decades. Researchers investigating the rehabilitation of mountain networks in Ecuador report the complexity of the malfunctioning, propose methods for understanding evolution by combining a diachronic approach to the networks and synchronic representation of the agrarian systems. A local irrigated agrarian system was performed to promote negotiation concerning technical and social change between those concerned in rehabilitation, water agencies and farmers' associations.

Key words: Modelling - Agricultural hydraulics - Water management - Economics - Rehabilitation - Andes - Ecuador.

Dinámica de sistemas agrarios irrigados antiguos : representaciones sincrónicas y diacrónicas el ejemplo de Urcuquí en Ecuador. — J. L. SABATIER, T. RUF, P. LE GOULVEN.

Las antiguas redes de riego representan en el mundo, casi la mitad de las superficies irrigadas y la mayoría de los agricultores que usan el riego utilizan estos canales, a veces milenarios. Abandonadas por el desarrollo moderno, desconocidas por la investigación, dichas redes son más bien famosas por sus dificultades de funcionamiento. Parece que la rehabilitación de dichos sistemas constituiría un tema importante para el desarrollo agrícola de los próximos decenios. Investigadores comprometidos en la reflexión sobre la rehabilitación de redes de montaña en Ecuador, evidencian la complejidad de sus disfunciones, proponiendo herramientas para entender la evolución, combinando una aproximación diacrónica de las redes y una representación sincrónica de los sistemas agrarios.

Se ha realizado una modelización de un sistema agrario irrigado con anterioridad, a fin de promover una negociación sobre cambios técnicos y sociales entre las partes de su rehabilitación, la administración hidráulica y las asociaciones de agricultores.

Palabras claves : Modelización - Hidráulica agrícola - Manejo del agua - Economía - Rehabilitación - Andes - Ecuador.